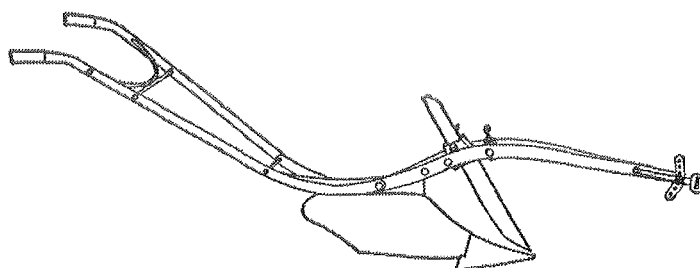




Institutionen för
Markvetenskap
Uppsala

MEDDELANDEN FRÅN --- --- JORDBEARBETNINGSÄVDELNINGEN

Swedish University of Agricultural Sciences,
S-750 07 Uppsala
Department of Soil Sciences,
Bulletins from the Division of Soil Management



Nr 39

2002

Fredrik Andersson

**Grund bearbetning med Väderstads Rexius
Carrier**

Shallow cultivation with Väderstads Rexius Carrier

ISSN 1102-6995
ISRN SLU-JB-M--39--SE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD.....	4
ABSTRACT	5
SAMMANFATTNING.....	6
BAKGRUND.....	7
VÄDERSTADS REXIUS CARRIER MED SYSTEM DISC	7
SYFTE.....	9
LITTERATURSTUDIE.....	10
BEARBETNINGSDJUPETS BETYDELSE FÖR GRÖDAN	10
FÖRSÖK MED GRUND BEARBETNING UTANFÖR SVERIGE.....	10
SÅBÄDDENS EGENSKAPER VID PLÖJNINGSFRI ODLING	11
PRIMÄRBEARBETNING PÅ VÅREN INFÖR VÅRSÅDD	12
MATERIAL OCH METODER	13
ALLMÄNT OM FÖRSÖKEN.....	13
FÖRSÖKSPLATSER.....	13
R2-4122.....	13
R2-4123.....	13
R2-4125.....	14
FÖRSÖKSLED	14
R2-4122.....	14
R2-4123.....	14
R2-4125.....	15
JORDBEARBETNING OCH SÅDD	15
R2-4122.....	15
R2-4123.....	15
R2-4125.....	16
VÄXTNÄRINGSTILLFÖRSEL OCH VÄXTSKYDD	16
R2-4122.....	16
R2-4123.....	16
R2-4125.....	16
SKÖRD.....	17
R2-4122.....	17
R2-4123.....	17
ANALYSER I FÄLT OCH PÅ LABORATORIUM	17
Såbäddsundersökning	17
Vattenhalt i och under såbädden	18
Planträkning	18
Ogräsräkning.....	18
Spillsädsräkning.....	19
Mängd skörderester i ytan efter stubbearbetning	19
Skörd.....	21
Penetrometermätning.....	21
VÄDERLEK UNDER VÄXTODLINGSSÄSONGEN 2001	22
STATISTIK.....	22
RESULTAT OCH DISKUSSION	22
R2-4122	22
Planträkning	22
Ogräsräkning.....	23

Skörd	23
R2-4123	23
<i>Såbäddsundersökning</i>	23
Markytans jämnhet	25
Bearbetningsdjup	25
Bearbetningsbottens jämnhet	26
Kärnförekomst	26
Aggregatstorleksfördelning	26
Vattenhalt i såbädd	27
Vattenhalt i bearbetningsbotten	27
<i>Planräkning 1</i>	28
<i>Planräkning 2</i>	30
<i>Ogräsräkning</i>	31
Skörd	32
R2-4125	33
<i>Spillsädsräkning</i>	33
<i>Ogräsräkning 1</i>	34
<i>Mängd skörderester i ytan efter stubbearbetning</i>	34
<i>Såbäddsundersökning</i>	35
Markytans jämnhet	37
Bearbetningsdjup	37
Bearbetningsbottens jämnhet	37
Kärnförekomst	37
Aggregatstorleksfördelning	37
Vattenhalt i såbädd	39
Vattenhalt i bearbetningsbotten	39
<i>Planräkning</i>	39
<i>Ogräsräkning 2</i>	40
<i>Penetrometermätning</i>	40
AVSLUTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER	42
SLUTSATSER	44
REFERENSER	45
LITTERATUR	45
PERSONLIGA MEDDELANDEN	46
BILAGA 1 REDSKAPSFÖRTECKNING	47
BILAGA 2 NEDERBÖRD UNDER HÖSTEN 2001	48

FÖRORD

Detta examensarbete har gjorts på Avdelningen för Jordbearbetning, Institutionen för Markvetenskap vid Sveriges Lantbruksuniversitet under växtodlingssäsongen 2001 samt vintern 2001/2002. Arbetet har examinerats vid Institutionen för Lantbruksteknik, där Per-Anders Hansson svarat för att arbetets tekniska inriktning vidmakthållits.

Arbetet är i mycket hög grad uppbyggt på resultat från ett stundtals intensivt fältundersökningsarbete. I detta arbete har jag tacksamt emottagit hjälp av främst Johan Karlsson, David Kästel samt min sambo Malin Qvarnström. Speciellt tack vill jag rikta till Berth "Mulle" Mårtensson, som alltid bistått mig vid det praktiska genomförandet av försöken, samt noggrant sett till att jag bibehållit min praktiska synvinkel på jordbruk, trots att jag snart kan titulera mig akademiker.

Vidare på avdelningen vill jag tacka min handledare Tomas Rydberg, som alltid ställt upp, och alltid haft tid för en, samt Johan Arvidsson, Sixten Gunnarsson, Britt-Louise Atterdagsdotter, Urban Svantesson och John Löfkvist. Ett tack skickas också Torgil Svensson för hjälpen med att göra en tillförlitlig bildanalys.

Försöken har genomförts i nära samarbete med Väderstad-Verken AB. Företaget har tillhandahållit maskiner och medverkat i planläggningen av försöken. På företaget vill jag speciellt tacka Bo och Krister Stark, Johan Orrenius samt Francios Richard för värdefullt stöd under arbetes gång. Ett speciellt tack riktas också till Gert Heimersson som svarat för att testmaskinen funnits tillgänglig.

Uppsala, mars 2002.

Fredrik Andersson

ABSTRACT

Shallow cultivation to a depth of 5-7 cm has in the last years become a realistic alternative to common ploughless tillage (cultivation depth 10-15 cm), especially in Great Britain, France and Germany. Shallow cultivation means avoiding unnecessary soil loosening, preserving the soils natural structure, increasing activity in the top layer and decreasing fuel consumption with less power requirement. Two years ago Väderstad-Verken AB developed a tillage tool for shallow cultivation called Rexius Carrier with System Disc. The tool consists of a heavy roller and a front tool called System Disc. The front tool includes two rows of concave, close mounted discs, which combined with a traveling speed of 10-14 km/h leaves a well levelled, 100 % work through, top layer. The aim of this thesis was to test shallow cultivation with Rexius Carrier under Swedish conditions, as autumn cultivation and as spring cultivation after a catch crop.

This thesis includes the results of three different series of field experiments. The first, "Minimized autumn tillage to a spring crop", R2-4122, was started in the autumn 2000. The result of the trial showed the highest yield for mouldboard ploughing and the lowest for the shallow cultivation, with deeper ploughless tillage in between.

The second series, "Spring seeding without autumn tillage, including a catch crop", R2-4123, was started in the spring of 2001. The series contained three experiments on sites with different clay contents, and compared autumn and spring ploughing with ploughless tillage to different depths and with different tillage intensities. The shallow cultivation performed well in this comparison. Despite a less suitable seedbed, plant establishment and crop yield in the shallow cultivated plots was nearly as high as for autumn ploughing. The weed population was greatly reduced in the shallow cultivated plots. The spring ploughed plots had less suitable seedbed properties, poorer germination, more weed and lower crop yield than autumn ploughed plots.

The third series, "Shallow cultivation to winterseed", started in the autumn of 2001. In this series conventional mouldboard ploughing was compared with shallow cultivation with Rexius Carrier, chisel ploughing with and without roller and heavy disc harrow with and without roller. Before the second cultivation the germination of weeds and volunteers was counted, without any differences between different treatments. Before the seeding, the amount of straw and stubble on the surface was compared using digital image analysis. No differences between the treatments were found. After the seeding, the seedbed properties and the plant establishment was determined. Due to the large amount of rain that fell in the autumn, which had an equalizing effect on the analysed parameters, no significant differences between the treatments were found.

The trials has shown that only shallow cultivation before seeding can give good opportunities for the following crop. The trial R2-4123 showed that shallow spring cultivation after a catch crop can maintain harvest yield compared to conventional mouldboard ploughing. Shallow autumn cultivation has a future as an alternative to conventional methods. The plant establishment were quite comparable despite the large amount of rain that fell in the autumn.

SAMMANFATTNING

Grund bearbetning till 5-7 cm har på ett par år blivit ett alternativ till den sedvanliga plöjningsfria bearbetningen, främst i Frankrike, Tyskland och Storbritanien. Tanken är att undvika alltför stor luckning, att bevara den naturliga struktur marken har samt att med ett minskat bearbetningsdjup minska dragkraftsbehovet. Väderstad-Verken AB har sedan ett par år tillbaka ett redskap som är ämnat för grund bearbetning, kallat Rexius Carrier med System Disc. Redskapet består av en tung vält och ett förredskap, kallat System Disc. Förredskapet består av två rader, tät monterade, skålade tallrikar. Tallrikarnas täta delning, kombinerat med en kraftigt vinklad infästning och en körhastighet i 10-14 km/h gör att hela ytan blir bearbetad ned till inställt arbetsdjup på en överfart. Examensarbetets syfte var att under svenska förhållanden testa grund bearbetning med Väderstads Rexius Carrier, både som vårbearbetning efter en fånggröda och som höstbearbetning.

I examensarbetet har tre olika försöksserier ingått. Den första serien, "Minimerad höstbearbetning till vårsådd", R2-4122, startades hösten 2000, och bestod endast av ett försök. Resultaten från denna serie visade på högst skörd för plöjningen och lägst för den grunda bearbetningen, med leden med djupare plöjningsfri bearbetning placerade mitt i mellan.

Den andra försöksserien, "Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda", R2-4123, anlades under våren 2001. Serien innehöll tre försök med olika lerhalt, och jämförelser gjordes mellan vår- och höstplöjning, samt plöjningsfri vårbearbetning med olika intensitet och djup. Den grunda bearbetningen hävdade sig väl i detta försök. Trots mindre fördelaktiga såbäddsegenskaper blev uppkomst och skörd klart jämförbara med höstplöjningen, även vid högre lerhalter. Ogräsmängden blev dessutom mycket lägre i de grunt bearbetade leden. De vårplöjda leden visade på betydligt sämre såbäddsegenskaper, sämre uppkomst, mer ogräs och sämre skörd än övriga led.

Den tredje serien, "Grund bearbetning till höstsädd", R2-4125, startade hösten 2001 och i denna jämfördes konventionell plöjning med grund bearbetning med Rexius Carrier, kultivator med och utan vält samt tallriksredskap med och utan vält. Före andra bearbetningen räknades spillsäds- och ogräsuppkomsten. Några ledskillnader kunde ej konstateras. Före sådd fotograferades samtliga rutor för analys av halmmängden i ytan. Analysen visade små skillnader mellan de olika leden. Efter höstvetesådden undersöktes såbädden samt plantuppkomsten. Även här var skillnaderna mellan leden små. Sammantaget kan avsaknaden av skillnader i undersökningen av höstbearbetningen hänvisas till den omfattande nederbörden under hösten, vilket resulterat i en utjämnande effekt på de undersökta parametrarna.

De utförda försöken har visat att endast grund bearbetning inför sådd kan ge goda förutsättningar för kommande gröda. Försöken visade att den idag stödberättigade vårbearbetningen med fånggröda kunde utföras med ett grunt bearbetande redskap, med bibehållen skörd jämfört med konventionell höstplöjning. Grund höstbearbetning har också god framtida potential som alternativ till konventionella metoder. Etableringen av höstsådden blev, trots höga regnmängder jämförbar med sedvanliga metoder.

INLEDNING

Bakgrund

I mellersta Europa har de senaste åren ett nytt jordbearbetningssystem börjat användas, som innebär extremt grund primärbearbetning (5-7 cm). Genom att inte bearbeta djupare störs minimalt av jordens naturliga struktur, skapad av markfysikaliska processer som uppfrysning och torkning samt av maskars och rötters aktivitet. Man undviker alltför stor luckring, något som ofta är fallet vid plöjning eller djupkultivering. Därigenom minskar behovet av återpackning innan sådd. Den minimerade uppluckringen kan dock vara ett problem om man har trafiksulor i jorden, skapade av överfarter med jordbruksmaskiner. Djupare bearbetning luckrar självfallet djupare, varpå ytliga skador åtgärdas. Dock bör nämnas att plogsuleeffekter på grund av trafik i plogfåran undviks helt i ett renodlat plöjningsfritt system.

Den grunda bearbetningen leder till en kraftig anrikning av organiskt material i ytan. Om man har en hög halt organiskt material i ytan, kombinerat med aeroba förhållanden och tillgång på markfukt gynnas mikrolivet i jorden, varpå en snabbare nedbrytning av det organiska materialet erhålls med ökad tillgång på frigjort kväve och mindre mängd patogenöverförande material som följd. Detta står i kontrast till det klassiska tillvägagångssättet med plöjning innan höstsådd, då man brukar ned halmen till 20-25 cm. Inte sällan kan man året efter konstatera att man vid det årets plöjning plöjer upp fjolårets halm, mer eller mindre intakt.

Den grunda bearbetningen är tänkt främst till höstsådda grödor, men bör under rätt förutsättningar även fungera som vårbearbetning.

I Frankrike, Tyskland och Storbritannien, där den grunda bearbetningen främst har vunnit mark, har man något annorlunda säsongsförhållanden än i mellansverige. Skörden sker betydligt tidigare och den efterföljande höstsådden behöver inte vara gjord i september, utan snarare i oktober-november. Det finns alltså gott om tid att låta nedbrytningen av skörderester ha sin gång, samtidigt som temperaturen medger biologisk aktivitet långt in på hösten. Om den tidsmässigt betydligt snävare bearbetningssäsongen i Mellansverige räcker till för att utnyttja den grunda bearbetningens fördelar återstår att se.

Väderstads Rexius Carrier med System Disc

Väderstad-Verken AB har sedan ett par år tillbaka ett redskap som är ämnat för grund bearbetning, kallat Rexius Carrier med System Disc.

Redskapet består av en tung vält (900 kg /m arbetsvidd). Framför vältringarna sitter hydrauliskt manövrerade redskapsfästen. I redskapsfästena monteras ett förredskap, kallat System Disc, bestående av två rader, tät monterade, skålade tallrikar. Tallriksdelningen är 125 mm och tallrikarnas diameter är 430 mm. Arbetsdjupet är hydrauliskt, steglöst inställbart under gång mellan 0 och 10 cm.

Tallrikarnas täta delning, kombinerat med en kraftigt vinklad infästning och en rekommenderad körhastighet i 10-14 km/h gör att hela ytan blir bearbetad ned till inställt arbetsdjup på en överfart, se bild 1. Varje tallrik är monterad i en gummiavfjädrad tallriksarm. Fjädringen medger rimlig stenpåkörning utan att tallrikarna skadas. Eftersom maskinen har en mindre mängd jord att jobba med än till exempel ett tallriksredskap, är en relativt hög hastighet nödvändig för att blanda jord och skörderester maximalt.

Välten, som trycker till kokor, återpackar och tillser att jorden får god kontakt med skörderester och spillsäds- och ogräsfröer, lämnar en jämn yta som medger höga hastigheter vid efterföljande maskininsatser. Mellan varje vältring sitter en avskrapare monterad, för att förhindra att vältringarna fylls med jord vid körning under blöta förhållanden.

Redskapet är i grunden, som namnet antyder, en redskapsbärare (eng. Carrier), varför det ovan beskrivna förredskapet lätt kan bytas ut mot andra varianter med andra användningsmöjligheter. Idag (vintern 2001/2002) finns ytterligare ett annat förredskap ämnat för bearbetning av plogtiltan innan sådd, kallat System Ripper, uppbyggt av två rader kraftiga pinnar med en efterföljande plank, se bild 2. I framtiden finns otaliga möjligheter att använda basmaskinen som bärare av olika förredskap.



Bild 1. Rexius Carrier med System Disc.



Bild 2. Reixus Carrier med System Ripper.

Syfte

Examensarbetets syfte var att under svenska förhållanden testa grund bearbetning med Väderstads Rexius Carrier. Försöken innefattade både vår- och höstbearbetning till vår- och höstspannmål, närmare bestämt havre och höstvetet. Arbetet omfattade en hel växtodlingssäsong, från sådd till skörd av havren samt sådd och uppkomst av höstvetet. Arbetet i fält syftade till att undersöka bearbetningsresultatet vid grund bearbetning med Carrier jämfört med andra bearbetningsmetoder, både med och utan plöjning. Även förmågan att initiera arvsäds- och ogräsgroning undersöktes. Efter sådd gjordes undersökningar av grödans förutsättningar, såsom såbäddens utseende, såbäddens aggregatsammansättning samt vattenhalterna i och under såbädden och slutligen grödans och ogräsets uppkomst. Vid slutet av säsongen bestämdes skörden av havren.

Resultaten från fältundersökningarna kompletterades med en litteraturstudie om grund bearbetning före spannmålssådd, vårbearbetning på lerjordar utan föregående höstbearbetning, samt några erfarenheter från andra försök med grund bearbetning med Rexius Carrier gjorda i Storbritannien och Frankrike.

LITTERATURSTUDIE

Bearbetningsdjupets betydelse för grödan

Den grunda bearbetningen som behandlas i denna undersökning innebär ett arbetsdjup på cirka 5-7 cm. Detta djup är, som namnet antyder, grunt, om man jämför med andra metoder för plöjningsfri primärbearbetning såsom bearbetning med kultivator eller tallriksredskap. För att dessa redskap ska göra en god genombearbetning bör de arbeta till minst 10 cm, men helst något djupare.

Olika bearbetningsdjup medför att luckerheten i matjorden är olika. Ett sätt att kvantifiera luckerheten, det vill säga motståndet mot rotpenetration, är att göra penetrometermätningar i matjorden (ofta till cirka 50 cm). Arvidsson (1997) har i ett långliggande försök med olika bearbetningsdjup (R2-4027) konstaterat att det inte föreligger några mätbara skillnader i motstånd i den bearbetade jorden. Under bearbetningsdjup har jorden självfallet ett högre motstånd, vilket medför att ett grundare bearbetningsdjup ger ett högre penetrationsmotstånd närmare ytan.

Skördevärdena i ovan nämnda försök visar att trots att skillnader i bearbetningsdjup föreligger, påverkas skörden mycket måttligt. Ett medel för säsongerna 1991-99 visar att om konventionell plöjning gavs relativt 100 så hade de plöjningsfria leden 98 för kultivator till 10 cm, 98 för kultivator till 15 cm, 100 för kultivator till 20 cm och 97 för tallriksredskap till 10 cm. (Arvidsson, 2001)

Vid Avdelningen för Jordbearbetning genomfördes under 1970-talet ett försök med grund bearbetning. Man jämförde då plöjning och plöjningsfri bearbetning med tallriksredskap med endast grund bearbetning utförd av tallriksredskap och fräs (R2-4005). I medeltal under de sex år försöket fanns uppstod inga signifikanta skördeskillnader mellan olika behandlingar. Man konstaterade att, om halm mängden förs bort varje år, om man alltid använder dubbelmontage och om ogräset hålls på en låg nivå så har plöjningsfri odling med endast grund bearbetning goda förutsättningar. (Rydberg, 1979)

Försök med grund bearbetning utanför Sverige

Vid Arable Research Center (ARC) i Storbritannien har försök med grund bearbetning med Väderstads Rexius Carrier genomförts under säsongen 2001. Försöken har syftat till att undersöka odlingskostnaderna mellan några olika system att etablera ett vete efter vete. I försöken ingick led med direktsådd med Väderstads Rapid utrustad med System Disc-förredskap, en överfart med Rexius Carrier med efterföljande rapidsådd och plog och tung tiltpackare. Försöken är belägna i Andover i sydvästra England på en flintrik mjällig mellanlera. Hösten 2000 var i England, precis som i Sverige, mycket blöt. Förhållandena vid bearbetningarna benämndes som "farbara, men inte mer". (Poole, 2001)

Försöksresultaten visade att det inte blev några signifikanta skillnader mellan leden vad avser skörden, men att skördenivån i de plöjningsfria leden trots den blöta hösten blev anmärkningsvärt hög, nära 9 ton/ha. En planträkning på våren visade tendenser till att beståndet var tunnare i de direktsådda och grund bearbetade leden, men en kraftig bestockning och en senare mognad medförde en upphämtning till samma skördenivå som de plöjda leden. Ogräsnivåerna i leden visade inga signifikanta skillnader, men en tendens fanns att det var mer ogräs i de plöjda leden. (Poole, 2001)

För att kvantifiera halmnedbrukningsgraden av grund bearbetning jämfört med direktsådd gjordes en visuell bedömning efter sådd av antalet procent av den totala ytan som täcktes av skörderester. Resultaten visade att en överfart med Carrier reducerade mängden halm i ytan med 15-20 %. Penetrometermätningar i de olika leden visade att de plöjda leden var signifikant mjukare än de icke plöjda, orsakat av den djupare luckringen vid plöjning. (Poole, 2001)

Pågående franska försök startade 1970 visar att ytlig bearbetning eller direktsådd kraftigt ökat mullhalten i ytan samt att motsvarande minskning uppstått längre ned i matjorden. Konsekvent grund bearbetning har medfört att den trafiksula som vid jordbearbetning med plog påträffas strax under plogdjup, med tiden försvunnit, varvid rotpenetration underlättas och vattengenomsläppligheten ökar. I försöken har också minskad förekomst av örtogräs noterats vid endast grund bearbetning, medan problemen med roto-gräsen ökat. Endast små skördesänkningar har uppmätts för grund bearbetning. De år skördesänkningar har konstaterats, har man oftast kunnat relatera dessa till besvärliga skördeförhållanden året innan, med mycket halm eller svåra packningsskador efter tröskan. Om packningsskador uppstått har den plöjningsfria bearbetningen svårare än plöjningen att reparera skadan. (ITCF, 2000)

I en annan fransk undersökning av ett större antal gårdar har man konstaterat att antalet manstimmar per år minskar med 30-50% om man ställer om till helt plöjningsfri odling. Dock bör man räkna med att antalet möjliga fältdagar minskar något eftersom upptorkningen inför sådden, om det kommit regn efter avslutad bearbetning, tar någon eller några dagar extra. Den franska undersökningen konstaterar slutligen att om man kan nå en tillfredställande inblandning bör man inte bearbeta djupare än 5 cm. Då får man en billig, snabb primärbearbetning, samtidigt som man vid detta djup bäst initierar ogräsfrön och arvsäd att gro. (ITCF, 2000)

Såbäddens egenskaper vid plöjningsfri odling

Såbädden syftar till att ge utsädet bästa möjliga förutsättningar för uppkomst och vidare tillväxt. Såbädden ska ge god kontakt med utsädet, innehålla tillräckligt med fukt, skydda mot avdunstning samt ej bilda en skorpa som hindrar uppkomst. Vid plöjningsfri odling finns en varierande mängd växtrester kvar i ytan och ned till såddjup. Detta ställer krav på den teknik som används. Redskapen som används vid såbäddsberedning och sådd får ej fyllas av halm, utan måste ha god genomsläpplighet. För såmaskinen är skivbillar klart att föredra, vilka klarar stora mängder halm vid sådd. (Henriksson et al, 1980)

Redskapen bör genom bearbetning skapa en tillräcklig mängd finjord för att säkerställa god kontakt med utsädet, samt ge en något grövre yta som minskar slammingsbenägenheten vid regn. I plöjningsfri odling består såbädden till viss del av halm. Den halm som finns i såbädden ger positiva effekter i form av att ytan blir mindre slammingsbenägen samt att halmens ljusare färg ökar solreflektionen, varvid såbädden blir något svalare och avdunstningen minskar. Halmförekomst i såbädden kan samtidigt ge den negativa effekten att kontakten mellan jord och utsäde minskar. (Rydberg, pers. medd.)

Sådd av höstgrödor vid plöjningsfri odling är sällan några problem, så länge halmmängden ej blir besvärande för såmaskinen. Höstregnen medför att kraven på såbädden är lägre. Det är dock av vikt att utsädet myllas ned tillräckligt. Vårsådd medför högre krav på andelen finjord, så att kontakten mellan frö och jord blir tillräcklig. (Henriksson et al, 1980) Erfarenheter från praktiskt jordbruk visar att halmen i allmänhet är sprödare på våren än på hösten och om halmmängden är ringa går det då även att så med en såmaskin med släpbill.

Primärbearbetning på våren inför vårsådd

Ett av de allvarigare problemen i svenskt jordbruk idag är det i vissa områden ganska omfattande kväveläckaget ur jordbruksmarken till vattendrag, sjöar och hav. Omfattningen av kväveläckaget från åkerjorden beror till viss del av mineraliseringen av kväve under de årstider då marken inte är bevuxen av en kväveupptagande gröda. Att minska kväveläckaget från åkermarken är av stort jordbruksekonomiskt värde likväl som miljömässigt/samhällsekonomiskt. Därför har forskningen under ett stort antal år fokuserat på att försöka kartlägga och kvantifiera läckaget samt försöka föreslå motåtgärder. Jordbearbetningsförsök visar att "tidpunkt för jordbearbetning på hösten och val av metod starkt påverkar mineraliseringen av kväve i marken under hösten och vintern, och därmed även risken för utlakning av kväve." (Stenberg & Aronsson, 1999)

En senarelagd primärbearbetning är alltså positivt ur kväveläckagesynpunkt. Ett alternativ är då att vänta med primärbearbetningen, vilken oftast är plöjning, ända till våren. På styv lera och mellanlera ger dock vårplöjning oftast dåliga betingelser för grödan, med låg skörd som följd. Som exempel kan nämnas ett försök där vårplöjning till vårspannmål gav halv skörd jämfört med höstplöjning, på en jord med 36% ler (Svantesson, 2002).

Ett komplement till senarelagd bearbetning är att så in en fånggröda med till exempel en vallfröblandning. Fånggrödan sås in i växande spannmål där den etablerar sig i botten på beståndet och finns på plats när spannmålen skördas. Fånggrödan tillväxer markant efter spannmålsskörden, varpå den konsumerar mycket av det under hösten frigjorda kvävet. En välväxande fånggröda kombinerat med senarelagd nedbrukning av fånggröda och växtrester har i försök minskat kväveläckaget på en lättjord med i medeltal 15-17 kg N/ha och år. (Hessel, Tjell & Aronsson, 2000)

Tillämpningen av denna metod med fånggröda och senarelagd bearbetning för att minska kväveläckaget har snabbt vunnit gehör hos lantbrukarna, helt säkert tack vare det ekonomiska miljöstödet som Statens Jordbruksverk tillhandahåller. Stödreglerna ger 900 kr/ha och år för fånggrödan och 400 kr/ha och år för vårbearbetning. Stödet betalas ut i sex län i Sverige; Kalmar, Gotlands, Blekinge, Skåne, Hallands och Västra Götalands län. (Jordbruksverket, 2001)

MATERIAL OCH METODER

Allmänt om försöken

I examensarbetet har undersökningar gjorts i tre olika försöksserier. Dessa beskrivs nedan i den kronologiska ordning som de startades.

Den första försöksserien, kallat "Minimerad höstbearbetning till vårsådd" med nummer R2-4122, innehöll ett försök och anlades hösten 2000. Försöket var mest tänkt som ett vägledande test, där analyserna endast bestod i skörden kompletterad med en plant- och ogräsräkning. Försöksserie R2-4122 avslutades i och med skörden 2001, och togs sedan in i försöksserie R2-4125 (se nedan).

Nästa försöksserie att läggas ut var "Vårsådd vid utebliven höstbearbetning med fånggröda", nummer R2-4123, som startades våren 2001

Den tredje försöksserien som ingår i examensarbetet är "Grund bearbetning till höstsäd", nummer R2-4125, som lades ut inför hösten 2001.

Försöksplatser

R2-4122

Försöket var utlagt ca 50 m söder om södra infarten till Ultuna. Jordarten på platsen var styv lera med en lerhalt på ca 40-45%. Stenförekomsten var obetydlig och ogrästrycket var relativt måttligt. Förfrukten var höstvet.

R2-4123

Försöksserien omfattade tre försök, samtliga förlagda på Säby 2, det vill säga norr om vägen mellan Åby gård och Säby gård, strax söder om Uppsala. De tre försöken representerade tre lerhaltsklasser; längst mot Åby gård fanns lättlera (20% ler), mitt i mellan Åby och Säby fanns mellanlera (30 % ler) och längst mot Säby fanns styv lera med en lerhalt på 40%.

Ogrästrycket var relativt påtagligt på de tre platserna och vad det gäller stenförekomsten fanns ingen sten på lätt- resp mellanleran, medan enstaka stenar förekom på den styva leran. Förfrukten var korn med vallinsådd.

R2-4125

Försöksserien omfattade två försök. Det ena lades där R2-4122 låg, och blev således en direkt fortsättning på R2-4122 med exakt samma bearbetningar i samma rutor. Det andra försöket lades på Säby 3, söder om vägen mellan Åby gård och Säby gård. Lerhalten på Ultuna var som ovan ca 40-45%, och på Säby 3 ca 15 %. Ogrästrycket var måttligt och stenförekomsten ringa på Ultuna, medan ogrästrycket på Säby 3 var relativt högt. Förfrukten på Ultuna var den havre som odlades i försök R2-4122 och på Säby var förfrukten korn med vallinsådd.

Försöksled

R2-4122

Försöken lades upp som randomiserade blockförsök med 3 block och sju led i varje block. Följande led ingick:

	<u>Bearbet.djup</u>
A. Tallriksredskap 2 ggr. + vältning 1 g. efter första bearbetningen	10-12 cm
B. Tallriksredskap 2 ggr.	10-12 cm
C. Kultivator 2 ggr. + vältning 1 g. efter första bearbetningen	10-15 cm
D. Kultivator 2 ggr.	10-15 cm
E. Rexius Carrier 1 g. + Kultivator 1 g.	5-6 resp. 10-15 cm
F. Rexius Carrier 2 ggr.	5-6 cm
G. Konventionell plöjning + 2 harvningar	20-22 resp. 4-5 cm

Bruttorutorna i led A-D var 6×20 m och i led E-G 10×20 m, detta för att passa in rutbredden till de maskiner som nyttjats.

R2-4123

Försöken var upplagda som randomiserade blockförsök med 3 block och 6 led i varje block.

	<u>Bearbet.djup</u>
A. Höstplöjning + 2 harvningar	20-22 resp. 4-5 cm
B. Vårplöjning + 3 harvningar	20-22 resp. 4-5 cm
C. Rexius Carrier 1 g.	5-7 cm
D. Rexius Carrier 2 ggr.	5-7 cm
E. Vårplöjning + Rexius Twin	20-22 resp. 6-8 cm
F. Tallriksredskap 2 ggr. + 1 harvning	10-12 resp. 4-5 cm

Bruttorutorna är i samtliga led 6×20 m.

R2-4125

R2-4125 innehöll samma försöksled som R2-4122, men med odling av höstsäd istället för vårsädd.

Jordbearbetning och sådd

I nedanstående avsnitt redovisas de åtgärder som gjorts under hela säsongen. De jordbruksredskap som använts finns samlade i en komplett redskapsförteckning i bilaga 1.

Jordbearbetningen under en säsong präglas givetvis mycket av väderleken, något som aktualiserades speciellt under hösten 2001, då stora regnmängder under september medförde problem med att utföra vissa åtgärder med ett tillfredsställande resultat. Hela växtodlingssäsongens väder finns i tabellform under ”Väderleken under växtodlingssäsongen 2001”.

R2-4122

Första bearbetningen gjordes i led A-F den 12 september. Led A och C vältades samma dag. Höstplöjningen i led G gjordes den 18 september. För att erhålla god spillsäds- och ogräsgroning avvaktade man med andra stubbearbetningen. Regjäl höstregn föll nu, varpå man till sist blev nödgad att ta beslut om bearbetning trots att det var mycket fuktigt. Andra bearbetningen genomfördes den 5 oktober med ett ganska ojämnt resultat, särskilt vad det gällde körningen med Rexius Carrier. Den av tallrikarna lösgjorda jorden fastnade på vältringarna, lösgjordes av avskraparna, kastades upp i luften och landade till ett klumpigt och kokigt resultat.

Vårbruket inleddes med att led G harvades 2 gånger, varpå hela försöket rapidsåddes den 2 maj med havre av sorten Stork (196 kg/ha).

R2-4123

Led A höstplöjdes den 20 december 2000. Detta var i senaste laget för att kallas höstplöjning, men orsaken var att beslutet om att starta försökserien dröjde. Vårplöjningen i led B och E gjordes den 19 april. För att få en lagom fukthalt avvaktade man med tiltpackningen med Rexius Twin till den 2 maj, vilken gav ett gott resultat i alla försöken. Nästa insats gjordes den 9 maj, då led C och D samt tallriksledet F kördes. Resultatet blev mycket bra med god sönderdelning och en jämn yta, speciellt i Carrierleden. Efter tallriksredskapet blev resultatet dock ganska grovt. Dagen efter, den 10 maj, harvades led A, B och F. Därefter följde havresädd med kombirapid. Havresorten var Stork med utsädesgivan 200 kg/ha.

För att ge speciellt led E en rimlig chans vältades försöken i såriktningen den 14 maj, efter genomförd såbäddsundersökning. Problemet i led E bestod i att sådden fördröjdes på grund av förseningar med leveransen av Carrier, varpå led E hann torka för mycket före sådd.

R2-4125

Den 24 augusti inleddes bearbetningarna med stubbearbetning i led A-G. Jorden var precis lagom fuktig för bearbetning, med en god sönderdelning och med tillfredsställande yttjämnhet efter samtliga maskiner som följd. Led A och C vältades samma dag. Plöjningen genomfördes den 29 augusti. När plogtillorna hade börjat torka, den 5 september, harvades de plöjda leden en gång för att minska arbetsbehovet vid såtidpunkten.

Det intensiva regnandet under de följande veckorna efter första bearbetningen medförde att den andra bearbetningen med efterföljande sådd flyttades framåt i tiden förbi den tänkta såtidpunkten.

Regnet medförde att tanken på att få samma såtidpunkt på både Ultuna och Säby, varför Ultuna fick vänta till om det eventuellt skulle vara torkväder så pass många dagar i följd att leran kom att bli bearbetbar.

Säby-försöket bearbetades i samtliga plogfria led den 17 september. Dagen efter, den 18 september såddes höstvetet (Kosack, 220 kg/ha) en rapidsåmaskin.

Efter en del tvekan genomfördes andra bearbetningen vid Ultuna-allén den 24 september. Vattenhalten i marken var på gränsen till för hög. Resultatet efter Carriern tillfredsställande, men tillräckligt jämt för att kunna så med en rapidsåmaskin. Den 25 september såddes försöket med 220 kg Kosack per ha.

Växtnäringstillförsel och växtskydd

R2-4122

All växtnäring tillfördes vid sådd med kombisåmaskinen Rapid. Givan var 274 kg/ha av gödselmedlet NPS 27-5-3.

Växtskyddsinsatserna i försöket bestod i en ogräsbekämpning den 6 juni med 1,4 tabletter Harmony + 1 liter MCPA per hektar.

R2-4123

All växtnäring tillfördes vid sådd med kombisåmaskinen Rapid. Givan var 251 kg/ha av gödselmedlet NPS 27-5-3.

För att minska den insådda vallens betydelse till rimliga nivåer applicerades ett totalverkande preparat, Avans, den 27 april i de led som inte skulle plöjas, det vill säga led C, D och F.

Den 13 juni bekämpades ogräs i försöken med 1 tablett Express och 1 liter MCPA per hektar.

R2-4125

Förfrukten i det försök som låg på Säby 3 var som ovan nämnts korn med insådd. Vallarna var vid skörd av kornet kraftigare än beräknat. För att minska vallens konkurrerande verkan bekämpades den med Avans samma dag som kornet tröskats, den 23 augusti.

Ett par veckor efter avslutad uppkomst broddbehandlades höstvetet med 1,0 liter Sportak per hektar.

Skörd

R2-4122

Försöket skördades den 23 augusti, då havren höll en vattenhalt på ca 15%. Skörden gjordes med en parcelltröska med ett tröskdrag centralt i varje ruta. Den tröskade ytan var 2,40 x 13 m, det vill säga 31,2 m².

R2-4123

Försöken skördades den 31 augusti, då havren höll en vattenhalt på ca 17,5%. Skörden gjordes med en parcelltröska med ett tröskdrag centralt i varje ruta. Den tröskade ytan var 2,40 x 13 m, det vill säga 31,2 m².

Analyser i fält och på laboratorium

Såbäddsundersökning

Vid såbäddsundersökning användes utrustning framtagen vid Avdelningen för Jordbearbetning, Institutionen för markvetenskap, SLU, Uppsala.

En ram, 10 cm hög och med innermått 0,4×0,4 m, trycktes ned 4-5 cm. På ett av ramens yttre hörn var en vinge med måtten 0,25×0,4×0,1 m fäst på gångjärn. I ramen mättes största och minsta avstånd från ytan till ramens kant och noterades för att ge ett mått på ytans jämnhet. Den av bearbetningen lösgjorda jordfraktionen i ramen sopades samman med mjuk borste (vanlig diskborste) och östes upp i en graderad cylinder vilken var kalibrerad efter ramens mått för att ge såbäddens mäktighet direkt i cm, se bild 3, figur A. Därefter mättes återigen största och minsta avstånd till ramens kant enligt tidigare. I vingen sållades jorden ner till ovan nämnda botten i ett såll med två olika maskvidder vilket gav tre olika fraktioner, >5 mm, 2-5mm och <2mm, figur B och C. Volymen av de tre fraktionerna mättes och gav ett mått på såbäddens sammansättning, avseende aggregatstorlek. I mellanfraktionen, 2-5 mm, räknades antalet kärnor. För en mer detaljerad beskrivning av förfarandet vid såbäddsundersökningen, se Kritz (1976).

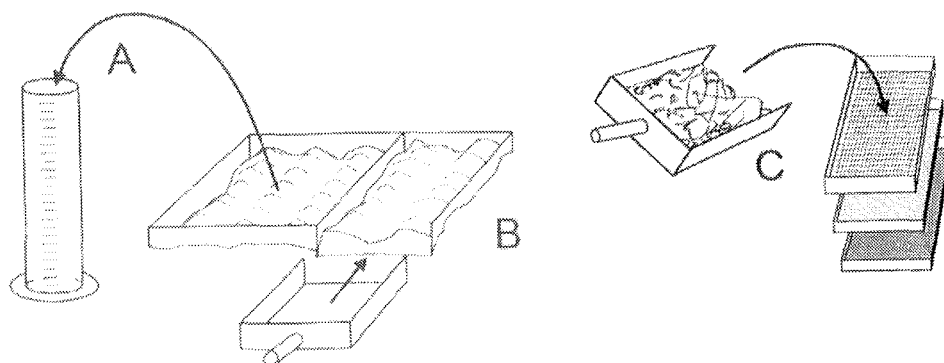


Bild 3. Såbäddsundersökning, efter Kritz (1976)

Såbäddsundersökning gjordes första gången direkt efter vårsådden i försökserie R2-4123. Försöken såddes den 10 maj, varpå såbäddsundersökningen genomfördes den 11 och 12 maj. En såbäddsundersökning gjordes också efter höstvetesådden i försöksserie R2-4125. Där gjordes undersökningen i Säbyförsöket den 18 september, direkt efter sådden, och den 27 september i Ultuna-försöket, två dagar efter sådden.

En såbäddsundersökning per ruta utfördes med systematisk lika placering i de olika rutorna. Provet togs ut mitt i rutorna i längsled och ca 1,5 m innanför rutans avgränsning, utanför skörderutan. Dock fick placeringen längsled i rutan ändras i Carrier-leden i försök R2-4125, där en rutbredd på 10 m och en maskinbredd på 6,50 m orsakade en kraftig överlappning i mitten av rutan. Alla analyser genomfördes därför i dessa led ca 1 meter in från kanten.

Vattenhalt i och under såbädden

I samband med såbäddsundersökningen togs två prov per led, ett från såbädden och ett från såbotten, för analys av vattenhalt. Provtagningen standardiserades genom att hålla ut jorden från cylindern för bestämning av såbäddens mäktighet i ett separat kärl. Jorden blandades om och provmängden hölls konstant mellan leden med hjälp av en plastskopa med volymen 0,6 dm³. Jorden i såbotten lösgjordes och samlades liksom tidigare beskrivet i ett separat kärl. Efter omblandning och provtagning samlades jorden från respektive djup i plastpåsar för vidare analys på laboratorium. Jorden överfördes till plastburkar och vägdes in med hjälp av en preparatvåg. Proven torkades under tre dygn vid en temperatur av 105 °C, varpå en ny vägning gjordes.

Planträkning

En stålram med innermått 0,5*0,5m placerades systematiskt ca 1 m på var sida om en tänkt centrumlinje i rutan och 3 m in i rutan i varje led. Förfarandet minskar det systematiska fel som kan uppstå om man godtyckligt väljer ut provpunkter i rutorna. Det totala antalet planor i ramen räknades och noterades. Vid varje räkningstillfälle genomfördes 2 planräkningar per ruta i försöken, där sedan ett medelvärde får representera rutans plantantal.

Planräkningar genomfördes i samtliga försök. I R2-4122 gjordes en planräkning den 22 maj. I R2-4123 räknades det vid två tillfällen, det första vid uppkomst i det höstplöjda ledet, 14 dagar efter sådd (24/5), och det andra vid avslutad uppkomst i samtliga led, ca en månad efter sådd (6/6). Förfarandet kan ge ett mått på skillnader i uppkomsttid mellan de olika behandlingarna.

I det höstsådda R2-4125 räknades det vid ett tillfälle i varje försök, ca tre veckor efter sådd på respektive plats, nämligen 16 och 25 oktober.

Ogräsräkning

Vid ogräsräkningen var förfarandet precis det samma som vid planträkningen, med samma systematiska sätt att bestämma räkningsplats samt med samma stålram. Ogräsräkningarna omfattade endast örtogräs.

Ogräsräkningar gjordes i samtliga försök. I försök R2-4122 och R2-4123 räknades det under försommaren, närmare bestämt den 22 maj och den 8 juni. I försöksserie R2-4125 gjordes två ogräsräkningar, dels räknades antalet ogräs i samband räkningen av spillsädsplantorna efter första bearbetningen (se nedan), dels räknades antalet ogräs samtidigt som planträkingen av höstvetet gjordes. De olika räkningarna skedde för Säby-försöket den 11 september respektive den 16 oktober, och för Ultuna-försöket den 12 september samt den 25 oktober.

Spillsädsräkning

För att se om de olika bearbetningsmetoderna gav olika förutsättningar för spillsäd att gro räknades antalet spillsädsplantor som kom upp efter första bearbetningen.

Spillsädsräkningens förfarande var helt identiskt med de ovan beskrivna räkningarna.

Spillsädsräkningen utfördes endast i försöksserie R2-4125. Räkningen gjordes när man bedömde att det snart var dags för den andra bearbetningen. Meningen var att vänta så länge att all arvsäd som hade rätt betingelser för att gro, skulle ges chans att gro. Vid tidpunkten för spillsädsräkningen var havren respektive kornet 5-8 cm högt och bestånden var fläckvis mycket täta. Detta var speciellt påtagligt på Säby. På Ultuna var spillsädsgroningen av havren mindre kraftig, men dock klart påtaglig, se bild 4.



Bild 4. Andra bearbetningen av R2-4125 vid Ultuna-allén. Spillsäden har frodats länge och nu stundar snart höstsådden.

Mängd skörderester i ytan efter stubbearbetning

För att kunna jämföra de olika maskinkombinationernas förmåga att blanda ned halm, boss och stubb gjordes antagandet att den mängd halm som inte fanns kvar på ytan var nedblandad. För att på ett rationellt sätt ta reda på mängden halm i ytan bestämdes att mängden halm, stubb och boss korrelerades till den ytan skörderesterna täckte på markytan. Samtliga rutor fotograferades efter andra bearbetningen men innan sådden för att fånga bearbetningsresultatet från de olika maskinkombinationerna.

För att ge varje fotografi samma förutsättningar konstruerades ett mycket stabilt stativ. Stativets ben ställdes in så att kamerans höjd över marken hela tiden var de rekommenderade 170 cm. Kamerans brännvidd var 50 mm och den film som användes var KODAK Elite Chrome ISO 100. Övriga inställningar överläts till kamerans automatik. (Löfkvist, pers. medd.)

Själva fotograferandet föregick enligt följande procedur:

Två kort per ruta togs. Dessa två togs 3 m på var sida ifrån en tänkt längsgående mittlinje tvärs igenom rutorna. Korten togs således inne i de blivande nettorutorna, detta för att säkerställa att redskapen hade nått fullt djup i rätt hastighet. När stativet placerats vågrätt på en plats vattnades markytan med en sedvanlig vattenkanna försedd med stril. Mängden vatten per fotograferad yta var cirka 2-3 liter vatten på en yta som var ungefär 0,5-0,7 m². Anledningen till bevattningen var att försöka öka kontrasten mellan jorden och skörderesterna. När marken blev blöt mörknade jorden medan skörderesterna ljusnade något eftersom lite av den jord som fanns på skörderesternas yta tvättades av, se bild 5.

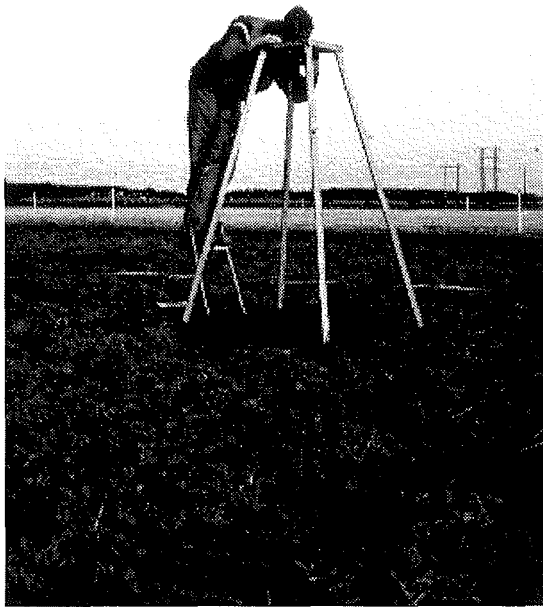


Bild 5. Fotografering av halmmängden i ytan efter andra bearbetningen i försök R2-4125 på Säby den 17 september. Notera jordens mörkare färg under stativet till följd av bevattningen. Fotograf Johan Karlsson kontrollerar skärpan innan han knäpper av.

För att minimera påverkan av olika ljusförhållanden var det önskvärt att fotografera vid en jämn och lätt molnighet. Detta för att få så mycket ljus som möjligt, men med så lite

skuggor så möjligt. Vid fototillfället på Säby, den 17 september, var förhållandena goda med en högt stående sol skyddad av ett lätt dis. Tyvärr försvann molnigheten innan block tre fotograferades, vilket ökade ljusinstrålningen något.

När halmnedbrukningen i Ultuna försöket skulle fotograferas, den 25 september, var vädret inte lika gynnsamt; en strålande höstsol utan ett enda moln i sikte. Oundvikligen blev det mer skuggor på kortet, både skuggor från jordens struktur och från stativets ben. För att minimera skuggningen från stativbenen vreds ställningen med solens rörelse och alltså togs ingen hänsyn till bearbetningsriktningens förhållande till kortets orientering. För att underlätta bestämningen av skalan på fotografierna togs vid början av varje fototillfälle ett par kort där en linjal med tydlig skala placerats på marken. Efter framkallning digitaliserades bilderna i en scanner.

För själva bildanalysen användes två program, dels Adobe Photoshop, för redigering av ljusförhållanden, färgsammansättning samt storlek, dels WinRizho, ett program utvecklat för analys av rotmassa, som nyttjades för att bestämma hur stor del av bilden som var halm.

Efter omfattande utprovning av bildbehandlingsmetoden konstaterades att bilderna från Säby var klart användbara, men att Ultunabilderna var omöjliga att analysera med korrekt resultat. Den direkta orsaken var den kraftiga sidoinstrålningen av solljus, som medförde mycket ljusa förhållanden på solsidan av en jordklump, medan skuggsidan blev nästan svart. Dessa ljusförhållanden gjorde det omöjligt för bildanalysprogrammet att särskilja halm från jord.

Skörd

I samband med skörden graderades stråstyrkan samt mängden grönskott i varje ruta. Avkastningsvärdena korrigerades med vattenhalten så att alla resultat gällde vid 15 % vattenhalt.

Penetrometermätning

Penetrometermätningar av jordmotståndet ned till 50 cm gjordes med en penetrometer utrustad med automatisk logger. Penetrometern hade en kondiameter på 10,8 mm och en konvinkel på 30 grader. Loggning av mätvärdet gjordes varannan centimeter. Totalt gjordes 15 stick per ruta i en diagonal tvärs över nettorutan. För att undersöka eventuella vattenhaltsgradienter som kan påverka jordmotståndsmätningen togs i samband med mättillfället vattenhaltsprover med ett jordborr. 5 stick per ruta gjordes. Varje stick var uppdelat i 4 fraktioner, 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm och 30-50 cm. Jordproven vägdes sedan före och efter tre dygns torkning i 105 °C, varpå vattenhalten beräknades.

Penetrometermätning av jordmotståndet gjordes endast i Ultunaförsöket i serie R2-4125. Detta för att lättare kunna finna skillnader eftersom försöksplatsen är behandlad på samma sätt under två säsonger. Mätningen gjordes den 14 december.

Väderlek under växtodlingssäsongen 2001

Säsongen 2001 var lite besvärlig växtodlingsmässigt. Relativt små nederbördsmängder under vår och försommar medförde ett lindrigt vårbruk utan förseningar. Dock fortsatte nederbördsbristen långt in på sommaren med torkproblem för speciellt vårsådda grödor som följd, se tabell 1. På sina håll i Uppland var skördenedsättningen i vårspannmålen på grund av torkskador mycket kraftig, dock klarade sig försöken i detta arbete relativt väl.

Tabell 1. Väderdata för mars till oktober 2001 från Ultuna klimatstation

	mars	april	maj	juni	juli	augusti	september	oktober
Medeltemperatur (°C)	-1.2	5.4	10.6	14.9	19	16.1	11.8	8.9
Normalt år (1961-1990) (°C)	-1.1	3.9	10.2	15	16.3	15.1	10.8	6.4
Total nederbörd (mm)	22.3	27.7	25.5	19.6	65.6	123.7	51.8	86.5
Normalt år (1961-1990) (mm)	25.5	29.3	32.8	45.9	70.5	66.4	57	49.5

Under hösten föll stora regnmängder. Tröskningen genomfördes utan större problem, dock med relativt höga vattenhalter. När bearbetningen inför höstsådden skulle inledas i slutet av augusti, föll stora mängder regn. Bland annat föll 63 mm den 27 augusti. Jorden hade efter dessa mängder svårt att torka. Som tabell 1 ovan visar föll i augusti dubbelt så mycket regn som ett normalår. Höstsådden blev därför försenad och fick ske under ibland väldigt blöta förhållanden. För att bättre åskådliggöra regnets inverkan på höstens bearbetning och sådd finns ett diagram i bilaga 2.

Statistik

Samtliga resultat har genomgått en statistisk analys för att utröna huruvida signifikanta skillnader mellan leden föreligger. Dessa signifikanser är nedan redovisade i tabeller eller i löpande text. Samtliga jämförelser har gjorts enligt Bonferronis t-test (multipla t-metoden).

RESULTAT OCH DISKUSSION

R2-4122

Planträkning.

Beståndet var vid räkningstillfället relativt jämnt, med få synbara skillnader. Jämnheten medförde att inga signifikanta skillnader kunde påvisas.

Noterbart var att led A, tallriksredskap 2 gånger med en vältning mellan, hade en tendens till att innehålla fler plantor än led D, kultivator 2 gånger och led G, konventionell plöjning.

Ogräsräkning

Förekomsten av örtogräs skilde sig ej signifikant mellan leden. Ogräsantalet var dock oerhört varierande, och verkade närmast slumpmässigt fördelat inom hela försöket.

Skörd

Skördevärdena visade en tendens till att ökat bearbetningsdjup gav ökad skörd. Dock var inga skillnader signifikanta. I tabell 2 nedan visas skördevärdena kombinerat med relativtalen, där referensledet är konventionell höstplöjning med relativtalet 100.

Tabell 2. Skörd av havre i försök R2-4122. Notera att ett ökat bearbetningsdjup tenderar att ge högre skörd

Led	Skörd	Relativtal
A: Tallriksredskap 2 ggr. + vältning 1 g. (10-12 cm)	5070	93
B: Tallriksredskap 2 ggr. (10-12 cm)	5280	96
C: Kultivator 2 ggr. + vältning 1 g. (10-15 cm)	5310	97
D: Kultivator 2 ggr. (10-15 cm)	5370	98
E: Carrier 1 g. + Kultivator 1 g. (5-6 och 10-15 cm)	5040	92
F: Carrier 2 ggr. (5-6 cm)	5000	91
G: Konventionell plöjning (20-22 cm)	5480	100

Vid skörden bedömdes stråstyrkan till 90 % i samtliga led. Antalet grönskott var endast ett fåtal.

R2-4123

Såbäddsundersökning

Resultaten från såbäddsundersökningen redovisas i texten parametervis parallellt för de tre försöken. Resultaten från såbäddsundersökningen med signifikansgränser finns även sammanställda i tabell 3.

Tabell 3. Resultat från såbäddsundersökning i försöksserie R2-4123. Medelvärden med samma bokstav är ej signifikant skilda, $p < 0,05$

Plats	Led	Markyta		Bearbet.botten			Såbädd		Vattenhalt			
		Nivåskillnad (mm)	Bearb.djup (cm)	Nivåskillnad (mm)	Antal kärnor	Andel >5mm ¹ (% vol./vol.)	Andel <5mm (% vol./vol.)	Andel <2mm (% vol./vol.)	Vattenhalt såbädd (% vikt/vikt)	Vattenhalt botten (% vikt/vikt)		
Lättlera	Höstplöjning	53.7	4.92 AB	34	1.7	19.1	80.9 A	57.1 A	19.8 AB	27.2 BC		
	Vårplöjning	49.3	6.00 B	54.3	19.3	42.2	57.8 B	30.2 B	13.7 C	21.1 D		
	Carrier. 1 gång	77.7	2.50 C	58	0.3	57.8	42.2 C	22.1 BC	15.6 BC	31.6 A		
	Carrier. 2 gång	64.7	3.83 BC	63.3	0.0	61.4	38.6 C	20.0 C	20.3 AB	33.3 A		
	Vårpløj.+Twin	82.7	5.92 B	51.3	17.7	66.5	33.5 C	18.6 C	13.2 C	24.2 CD		
	Tallriksredskap	66	4.83 AB	42.3	4.7	60	40.0 C	21.3 C	21.4 A	30.6 AB		
Mellanlera	Höstplöjning	55.7 CD	4.71 BC	43.0 C	0.0	29.9	70.1 A	47.1 A	17.3	26.9 BC		
	Vårplöjning	51.0 D	5.75 A	63.7 A	0.0	36.7	63.3 A	36.7 AB	15.1	25.5 C		
	Carrier. 1 gång	67.0 BC	2.08 E	45.3 BC	1.0	56.1	43.9 C	22.5 C	14.8	32.3 A		
	Carrier. 2 gång	71.0 B	2.92 DE	51.3 BC	1.0	60.4	39.6 C	20.4 C	14.1	30.2 AB		
	Vårpløj.+Twin	100.0 A	5.08 AB	48.7 BC	4.7	46.7	53.3 B	29.2 BC	14.1	24.2 C		
	Tallriksredskap	68.7 BC	3.67 CD	53.7 B	0.0	61.8	38.2 C	20.0 C	20.2	29.8 AB		
Styv lera	Höstplöjning	45.3	4.33	45.7	6.3	20	80.0 A	49.8 A	9.7 AB	22.0 AB		
	Vårplöjning	47.0	5.33	44.0	34.7	40.5	59.5 B	30.3 B	8.5 AB	21.1 AB		
	Carrier. 1 gång	69.7	3.92	58.3	18.0	57.4	42.6 C	23.2 BC	8.3 AB	20.7 B		
	Carrier. 2 gång	66.3	4.75	49.3	3.3	58.6	41.4 C	21.5 BC	10.0 A	22.1 AB		
	Vårpløj.+Twin	68.3	6	53.0	14.3	65.5	34.5 C	15.6 C	7.1 B	20.9 B		
	Tallriksredskap	76.0	5.5	39.7	21.3	59.7	40.3 C	20.2 C	10.9 A	23.0 A		

¹Denna parameter har inte analyserats med variansanalys

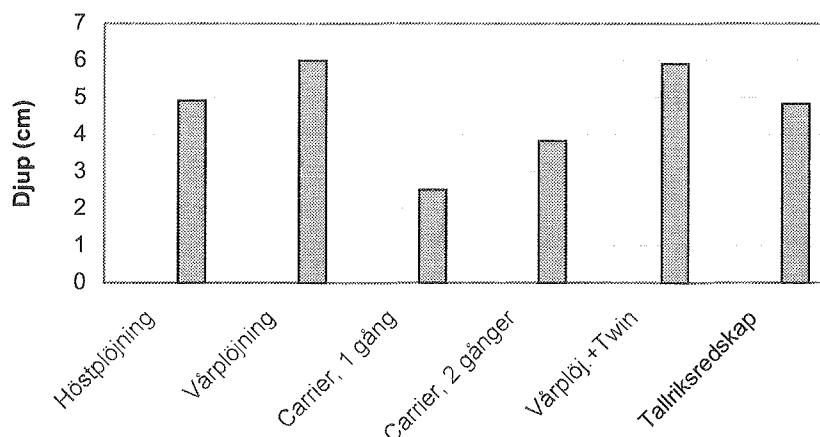
Markytans jämnhet

Undersökningen av markytans jämnhet gav olika resultat beroende av lerhalt. För den lätta leran respektive mellanleran erhöles inga signifikanta skillnader. Den styva jorden uppvisade skillnader för parametern på trestjärnig signifikansnivå (***) ; $p < 0,001$), se tabell 3.

Tidpunkten för bearbetning på en lerjord påverkar ytans jämnhet starkt. Dexter och Bird (2000) har visat att jordens vattenhalt vid bearbetning av lerhaltiga jordar på våren påverkar graden av sönderdelning och sortering. De tre olika jordarterna i försöket har bearbetats med Rexius Twin på samma dag vilket indikerar att de har olika vattenhalter beroende på skillnaderna i lerhalt. Lerhalten påverkar vidare bindningarna mellan och inom aggregat. Resultatet visar att körningen, på den styva jorden, troligen utfördes för sent. Jorden var troligen för torr vid tidpunkten för bearbetning och redskapet förmådde inte bryta sönder de stora aggregaten. Den optimala vattenhalten för bearbetning är enligt Dexter och Bird (2000) 0,9 gånger jordens undre plastisitetsgräns. Den undre plastisitetsgränsen definieras som den vattenhalt vid vilken en nyligen bearbetad jords konsistens ändras från plastisk till sönderfallande.

Bearbetningsdjup

Av variansanalysen framgick att det förelåg signifikanta skillnader mellan leden för bearbetningsdjupet på den lätta och den mellanstyva jorden, men inte för den styva. Bearbetningsdjupet var inte det samma som såddjupet i dessa försök eftersom vi sått med en skivbillsåmaskin. Såbäddsundersökningen är inte anpassad till plöjningsfria system eftersom dessa lämnar en stor mängd växtrester kvar i den analyserade jordvolymen. Undersökningen påverkas också av graden av återpackning vid bearbetningen och sådd, eftersom bearbetningsdjupet styrs av mängden jord som kan sopas loss från botten. I led C och D provades det att efter rensopning mer hårdhänt söka efter det egentliga bearbetningsdjupet. Det visade sig att botten var lösgjord men återpackad av vältringarna och att vi kunde finna spår efter System Disc-tallrikarna på avsett bearbetningsdjup (5-7 cm). Verkan av återpackning märktes även i led F, körning med tallriksredskap, där bearbetningsdjupet var större än led C och D. Enligt ovan framgick skillnaderna bäst på den lätta jorden vilket presenteras i figur 1.



Figur 1. Bearbetningsdjup i de olika leden på lättlera.

Bearbetningsbottens jämnhet

På den lätta och den styva jorden erhöles inga signifikanta skillnader för parametern bearbetningsbottens jämnhet. På mellanleran konstaterades en tvåstjärnig signifikans (** ; $p < 0,01$) för ojämnheten. Led B (vårplöjning + harvning) gav den ojämnnaste ytan. Det höstplöjda och harvade ledet (A) var det andra ledet som signifikant skilde sig från de andra genom att ha den jämnaste botten. För övriga resultat, se tabell 3.

Resultaten indikerar att redskapens tyngd och markförhållandena vid bearbetning starkt påverkar bearbetningsbottens jämnhet. Det vårplöjda ledet på mellanleran harvades tre gånger. Harven är ett förhållandevis lätt redskap som inte förmått trycka till botten, i de led där vi inte haft någon inverkan av frost, utan endast fördelat lös jord vid bearbetningsdjup. Vid såbäddsundersökningen har den lösa jorden sopats upp och lämnat efter sig en ojämn yta. De tyngre redskapen, Rexius Carrier och Rexius Twin, har tryckt till såbotten och lämnat en jämnare botten efter sig. I de höstplöjda leden har frosten sönderdelat aggregat vilket tillåtit harven att arbeta jämnt och utan att dra upp stora aggregat från botten.

Kärnförekomst

Det fanns inga signifikanta skillnader vad det gällde antalet kärnor i jorden ner till den av bearbetning skapade botten.

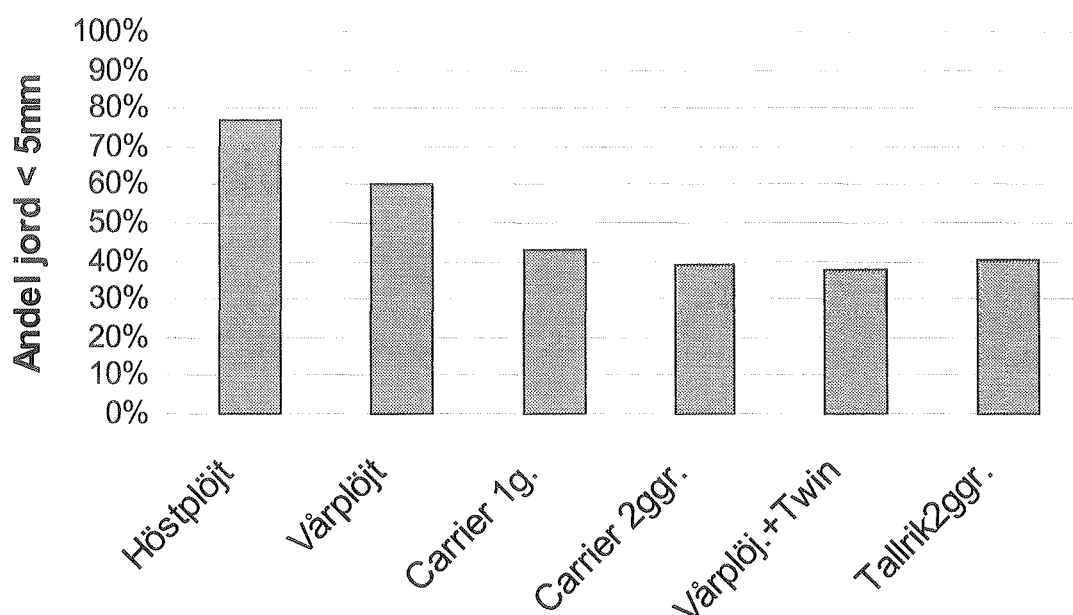
Lokala variationer i markförhållanden kan ha påverkat djuphållningen hos såmaskinen. Dessutom kan metoden att undersöka bearbetningsbotten medelst sopning ha påverkat huruvida det gick hitta kärnorna.

Aggregatstorleksfördelning

Resultat från aggregatstorleksfördelningen i såbädden finns presenterade i tabell 3. Resultaten indikerar att frostbrytningen, redskapet och antalet överfarter var betydelsefulla för andelen jord < 5 mm. Led A och B är båda harvade, 2 respektive 3 gånger. Led A har dessutom legat plöjt under vintern och där har frosten tillsammans

med bevättnings- och upptorkningsprocesser skapat en fin struktur. På den lätta och den styva leran har led E den minsta andelen jord <5 mm, detta beroende på att inverkan av frost uteblivet och att redskapet inte har förmått sönderdela aggregaten. Det senare kan bero på att jorden var för torr vid körning med Rexius Twin. En annan faktor som kan ha stor betydelse för andelen jord <5 mm är vattenhalten i jorden vid den sista bearbetningen innan sådd. I de led som inte plöjdes var vattenhalten troligen betydligt högre i ytan, på grund av att biomassan bromsat avdunstningen från markytan, vilket påverkar sönderdelningen negativt.

Noterbart är att en överfart med Rexius Carrier har gett en större andel jord <5 mm än två överfarter med samma redskap, figur 2. Mängden jord påverkades ej av den andra överfarten. Däremot ökade den totala mängden lösgjord jord, vilket minskade andelen jord mindre än 5 mm.



Figur 2. Andelen jord i såbädden < 5 mm, medeltal för samtliga försök.

Vattenhalt i såbädd

Medelvärdena för vattenhalten i såbädd (tabell 3) indikerade en fallande gradient från lätt till styv jord. Resultaten antyder att tidsdifferensen mellan primärbearbetning och sådd samt perioden utan biomassa i ytlagret har påverkat avdunstningen och därmed vattenhalten i såbädden. För resultat hänvisas till tabell 3.

Vattenhalt i bearbetningsbotten

Variationerna mellan leden för vattenhalten i botten tenderar att minska med ökande lerhalt (tabell 3).

Vattenhalten i bearbetningsbotten är avgörande för uppkomsten. Detta gäller särskilt i de fall då sådden utförts med en skivbillsåmaskin som placerar utsädet på ett inställt djup, och således är oberoende av föregående bearbetningsdjup. Vattenhalten i botten tenderar att bero på bearbetningsdjup och bearbetningstidpunkt innan sådd. Dessutom påverkar mängden biomassa i ytlagret avdunstningen. Skillnaderna mellan vår- och höstplöjda led förklaras av återskapandet av kapillariteten under vintern i de höstplöjda leden. Enligt Kritz (1983) behövs 6 % växttillgängligt vatten i den jord där fröet ligger, för att groningen ska starta. Mängden växttillgängligt vatten definieras som aktuell vattenhalt minus vattenhalten vid permanenta vissningsgränsen. Vattenhalten vid permanenta vissningsgränsen ligger mellan cirka 9 % i lättlera till cirka 18 % i styv lera. (Wilkert m fl., 1983)

Planträkning 1

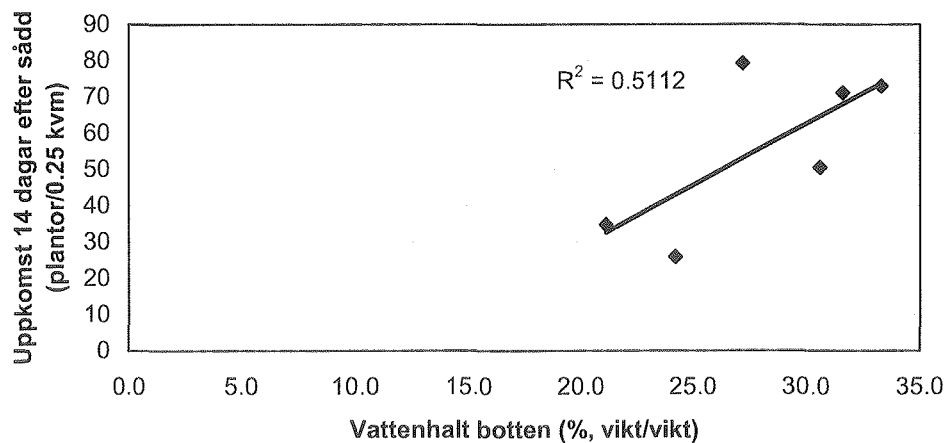
Resultat från planträkningen i enskilda försök samt i medeltal av samtliga försök 14 dagar efter sådd finns redovisade i tabell 4. För att kunna dra generella slutsatser om de olika behandlingarnas betydelse gjordes en körning i SAS där ingen hänsyn togs till platsen som sådan, dvs oberoende av lerhalt. Resultaten framgår av tabell 4.

Tabell 4. Resultat av uppkomsträkning räknat 14 dagar efter sådd. Värden som ej följs av samma bokstav är signifikant skilda, $p < 0,05$

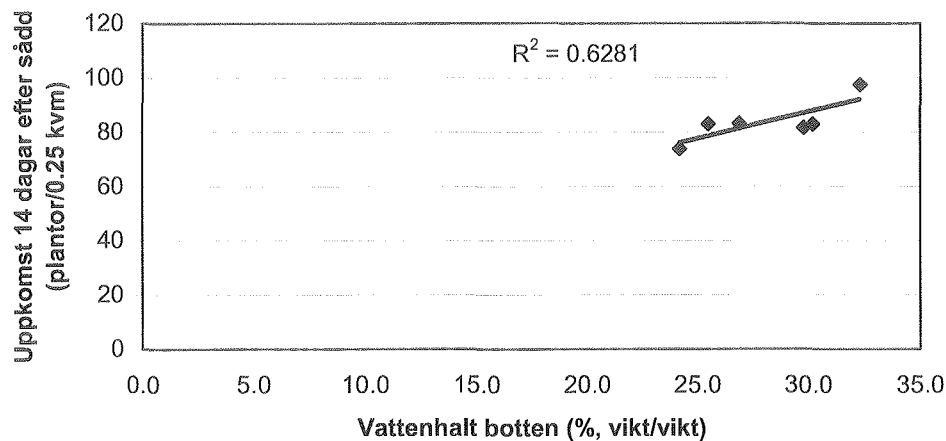
Led	Uppkomst (antal plantor/0,25kvm)			
	Lättlera	Mellanlera	Styv lera	Medeltal
Höstplöjning	79,3 A	83,2 AB	77,3 A	79,9 A
Vårplöjning	34,8 BC	83,0 AB	36,0 BC	51,3 B
Carrier, 1 gång	71,2 A	97,5 A	60,3 AB	76,3 A
Carrier, 2 gång	72,8 A	83,0 AB	76,8 A	77,6 A
Vårplöj.+Twin	26,0 C	73,8 B	36,5 C	42,1 B
Tallriksredskap	50,5 B	81,8 AB	78,8 A	70,4 A

För tolkning av resultaten bör nämnas att 10 mm regn föll 4 dagar efter sådd. För att förklara skillnaderna i uppkomsttid mellan leden har vattenhalten i botten, nederbörd efter sådd och såbäddens egenskaper stor betydelse.

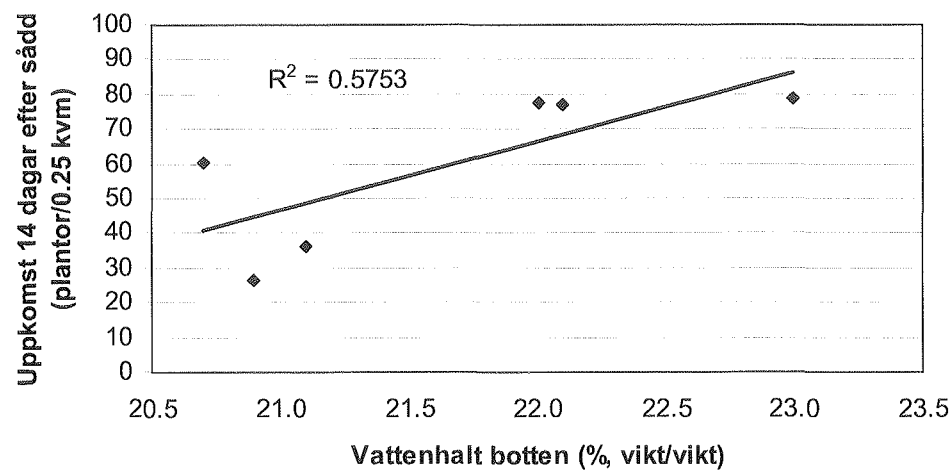
Sambandet mellan vattenhalten i botten och uppkomst 14 dagar efter sådd studerades närmare genom en regressionsanalys presenterad i figur 3, 4 och 5. Resultaten av linjär regression visade att ett klart samband fanns. Noterbart är att nederbörden 4 dagar efter sådd kan ha reducerat sambandet.



Figur 3. Uppkomstens beroende av vattenhalten i såbäddsbotten på lättleran

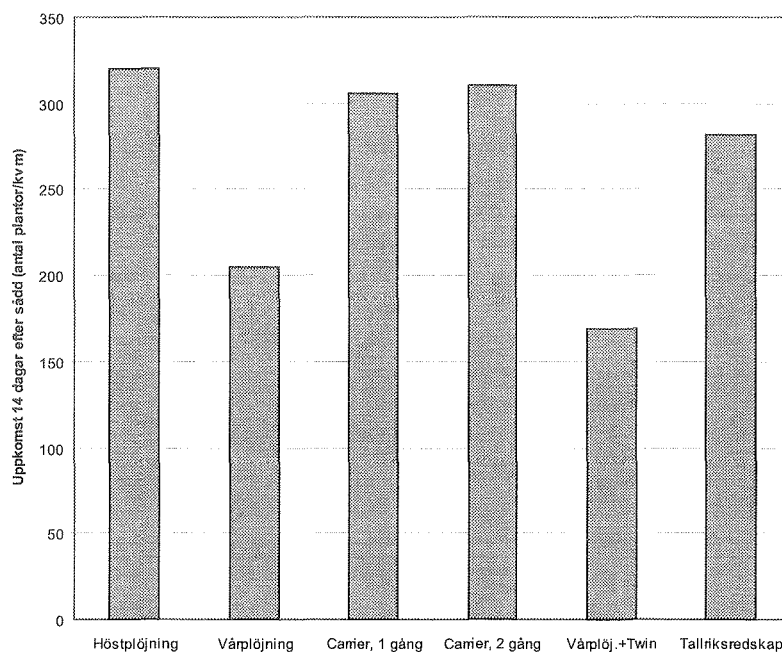


Figur 4. Uppkomstens beroende av vattenhalten i såbäddsbotten på mellanleran.



Figur 5. Uppkomstens beroende av vattenhalten i såbäddsbotten på den styva leran.

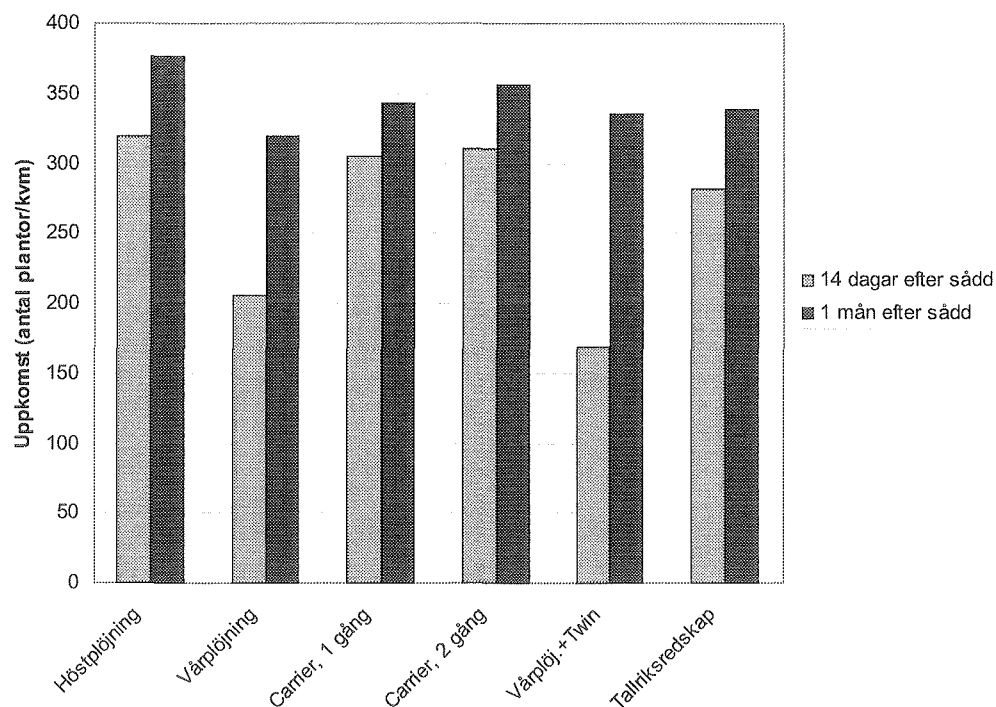
Såbäddens egenskaper påverkar uppkomsten främst genom aggregatstorlekens inverkan på kärnornas vattentillgång. Större aggregat leder till en sämre kontakt mellan frö och jord och dessutom till en råare yta vilket kan ge en högre avdunstning (Heinonen, 1985). I tabell 3 kan man se en tendens till att kärnorna är placerade ovanför botten i de vårplöjda leden. Detta kan förklara skillnaderna i uppkomst mellan led A,B och E. I figur 6 åskådliggörs skillnaderna mellan leden oberoende av plats väl. Dessutom visar diagrammet att led C och D inte skiljer sig signifikant i uppkomst från referensledet A. En tendens som bör noteras är att led F, tallriksredskap, uppvisar en sämre uppkomst än dessa tre led.



Figur 6. Uppkomsten efter 14 dagar oberoende av försöksplats.

Planträkning 2

För att undersöka eventuella skillnader i uppkomsttid bestämdes antalet plantor även ca 1 månad efter sådd. Resultaten från denna räkning visade dock inte på några signifikanta skillnader mellan leden på någon av försöksplatserna, troligen beroende på att plantantalet nu var relativt jämnt över alla led. Jämnheten mellan leden oberoende av försöksplats åskådliggörs i figur 7, där plantantalet efter 14 dagar lagts in för jämförelse.



Figur 7. Uppkomsten efter 14 dagar och efter 1 månad oberoende av försöksplats.

Under de två veckor som förflöt mellan de två planträkningarna har de led som hade en markant sämre uppkomst hämtat igen större delen av skillnaderna. Man kan fortfarande se en tendens att det höstplöjda A-ledet ligger lite högre än övriga, och att Carrier-leden har något högre plantantal än de övriga vårbearbetade leden.

Ogräsräkning

Resultaten från ogräsräkningarna visar att det fanns signifikanta skillnader mellan leden i försöket med 30 % ler (***) och 40 % ler (***), men inte i försöket med 20 % ler. Resultaten med signifikansberäkning visas nedan i tabell 5.

Tabell 5. Resultat från ogräsräkningen. Medelvärden med samma bokstav är inte signifikant skilda, $p < 0,05$

Led	Örtogräsförekomst (ogräs/kvm)			
	20% Ler	30% Ler	40% Ler	Medel
Höstplöjning + 2 harv.	293	317 A	485 AB	365 BC
Vårplöjning + 3 harv.	361	385 A	542 A	429 A
Carrier, 1 gång	180	117 B	119 C	139 D
Carrier, 2 gång	268	142 B	135 C	182 D
Vårplöj. + Twin	425	403 A	413 B	414 AB
Tallriksredskap + 1 harv.	364	352 A	226 C	314 C

Som signifikansredovisningen ovan visar, var det klart mindre ogräs i de plöjningsfria leden, och speciellt lite i Carrier-leden. Mellan Carrier-leden tenderar en överfart gett mindre ogräs än två överfarter.

I det försök där det inte blev några signifikanta skillnader, försöket med 20% lera, var tendensen densamma; de vårplöjda leden hade mest ogräs och Carrier-leden hade minst. Kolumnen längst till höger i tabellen ovan, benämnd "Medel", är det beräknade medelvärdet för varje led oberoende av plats. Även medelvärdena visade klar signifikans för minst ogräs i Carrier-leden.

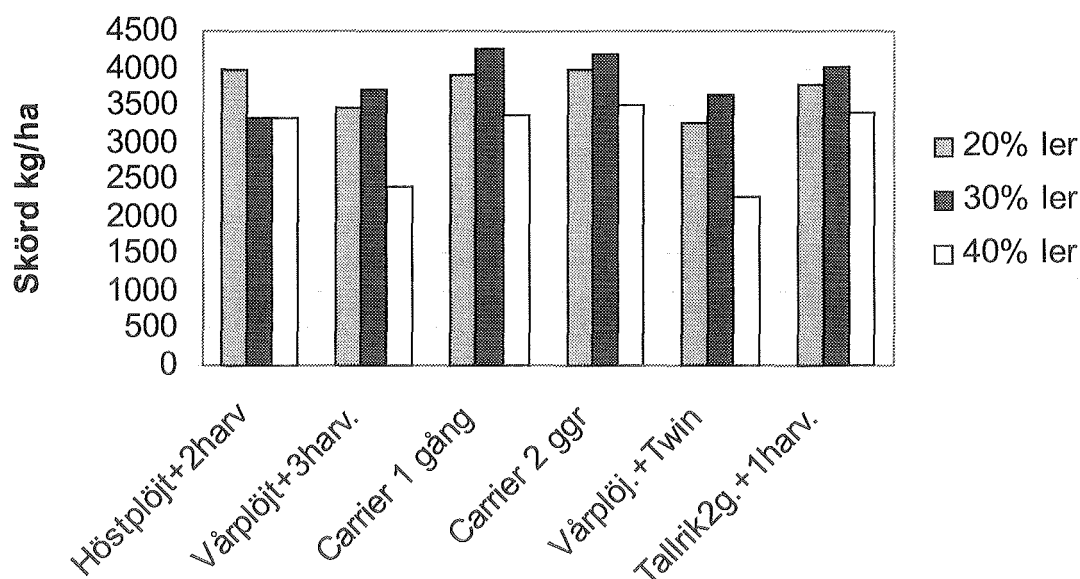
Det grunda bearbetningsdjupet är den troligaste orsaken till att ogräsförekomsten blivit så låg i Carrier-leden. De djupare bearbetningarna har dragit upp ogräsfrö till grobart djup, medan den grunda bearbetningen bara bearbetat jord där ogräset redan grott under föregående säsong. Allt ogräs som etablerat sig innan bearbetningen bekämpades med totalverkande preparat.

Skörd

Variansberäkningen av skörderesultaten visar tvåstjärnig signifikans (**) i försöket med 20 % ler och trestjärnig signifikans (***) i de två övriga försöken. Medelvärden från skörden samt signifikansberäkningen redovisas nedan i tabell 6 och figur 8. Inom parantes anges relativtalen, där det höstplöjda ledet har relativtal 100.

Tabell 6. Skörderesultat från försök R2-4123. Medelvärden med samma bokstav är inte signifikant skilda, $p < 0,05$

Led	Skörd av havre (kg/ha) vid 17,5% vh.		
	20% Ler	30% Ler	40% Ler
Höstplöjning + 2 harv.	3990 A (100)	3330 C (100)	3320 A (100)
Vårplöjning + 3 harv.	3470 B (87)	3700 B (111)	2420 B (73)
Carrier, 1 gång	3910 A (98)	4260 A (128)	3380 A (102)
Carrier, 2 gång	3990 A (100)	4190 A (126)	3510 A (106)
Vårplöj.+Twin	3270 B (82)	3640 B (109)	2260 B (68)
Tallriksredskap + 1 harv.	3780 AB (95)	4030 A (121)	3400 A (102)



Figur 8. Medelavkastning i de olika leden.

Generellt blev skillnaderna väldigt tydliga mellan de vårplöjda leden och de plöjningsfria leden. Noterbart är också att det inte i något försök fanns signifikanta skillnader i skörd mellan en Carrier-körning, två Carrier-körningar, samt tallriksredskap med en efterföljande harvning.

Det höstplöjda referensledet skiljde sig inte signifikant från de plöjningsfria leden i vare sig försöket med 20% ler eller i försöket med 40% ler, medan i försöket med 30% ler blev skörden signifikant lägst i de höstplöjda ledet, något som bör kunna anses vara lite anmärkningsvärt. Skördenivåerna var totalt sett något låga, medelskörden låg på 3550 kg/ha, sett över de tre försöken totalt. Orsaken kan tänkas vara en mycket torr vår, se väderdata i tabell 1, kombinerat med en relativt lågt hållen kvävegiva (70 kg N/ha), tänkt att minska risken för liggsäd.

R2-4125

Spillsädsräkning

Spillsädsräkningen gjordes strax innan andra bearbetningen, varför led E och F var identiskt behandlade. Resultaten visas nedan i tabell 7.

Tabell 7. Spillsädsförekomst uttryckt i antal plantor per kvadratmeter inklusive signifikansredovisning. Medelvärden med samma bokstav är inte signifikant skilda, $p < 0,05$

Led	Ultuna		Säby	
	Plantor/kvm	Grupp	Plantor/kvm	Grupp
A: Tallriksredskap 1 g. + vältning 1 g.	45,8	AB	36,5	A
B: Tallriksredskap 1 g.	48,8	A	27,8	A
C: Kultivator 1 g. + vältning 1 g.	30,7	BC	30,8	A
D: Kultivator 1 g.	35,0	ABC	39,8	A
E: Carrier 1 g.	13,0	DE	34,7	A
F: Carrier 1 g.	22,3	CD	29,3	A
G: Konventionell plöjning	0	E	1,3	B

I Ultuna-försöket uppkom en rad signifikanta skillnader. Signifikansgrupperingarna överlappar dock som synes varandra i hög grad, vilket leder till att inga klara slutsatser om metodernas effektivitet vad det gäller spillsädsgroning kan dras. Intressant är dock att leden med tallriksredskap har gett signifikant bättre groning än Carrier-leden. Detta förhållande borde vara tvärt om, eftersom tallriksredskapet begraver en del kärnor på ett djup som inte torde gynna uppkomst.

Vältningen i led A och C har inte medfört någon som helst effekt på spillsädsgroningen. Om hösten varit torr, hade vältningen troligtvis haft positiv effekt på uppkomsten, på grund av bättre kontakt mellan jord och frö med ökad vattentillgång som följd. I årets försök blev förhållandena de omvända, det föll ca 70 mm regn dagarna efter bearbetningen. Vältning i led A och C tenderade snarare försvåra uppkomsten.

Säby-försöket har det plöjda ledet föga överraskande sämre spillsädsuppkomst än övriga led. I de oplöjda leden var spillsädsuppkomsten mycket jämn, vilket också signifikansberäkningen återspeglar.

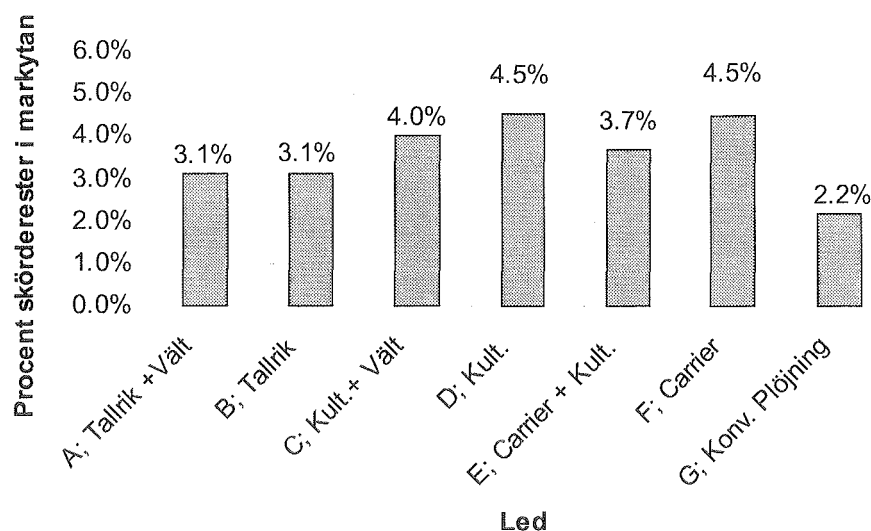
Ogräsräkning 1

Denna ogräsräkning gjordes samtidigt som spillsädsräkningen ovan. Ogräsuppkomsten var väldigt varierande, även inom leden. Variationen ledde till att inga signifikanta resultat kunde påvisas. Noterbart var att Carrier-leden placerade sig högt vad det gäller ogräsuppkomsten på både Ultuna och Säby.

Mängd skörderester i ytan efter stubbearbetning

Som beskrivs i "Material och metoder" saknas resultat från Ultuna eftersom ljusförhållandena var sådana att bildanalysen misslyckades med att korrekt analysera bilderna.

Resultatet från bildanalysen på bilderna tagna i Säby-försöket åskådliggörs nedan i figur 9.



Figur 9. Medelvärde av procentandelen skörderester i ytan i Säbyförsöket.

Som figuren ovan visar är skillnaderna i procent inte stora. Dock stämmer förhållandena mellan leden relativt väl med vad man kan bedöma bara genom att titta på bilderna. De faktiska procentsatsernas precision bör dock behandlas med viss försiktighet på grund av systematiska fel i analysmetoden.

En variansanalys av medelvärdena visar att led D och F har signifikant mer halm i ytan än plöjning (G) samt de båda tallriksleden A och B.

Som figur 9 visar finns det en skillnad på 0,8-procentenheter mellan två körningar med Carrier (led F) och Carrier med efterföljande kultivator (led E). Skillnaden är ej statistiskt signifikant, men tendensen är tydlig. En förklaring kan vara att det mer kortstråiga materialet efter Carriern i led E var lättare att bruka ned än i led D, där kultivatoren ej sönderdelat halmen nämnvärt.

Såbäddsundersökning

Resultatet från såbäddsundersökningen samt därtill hörande signifikansberäkning redovisas nedan sammanställt i tabell 8.

Tabell 8. Resultat från såbäddsundersökning i försöksserie R2-4125. Medelvärden med samma bokstav är ej signifikant skilda, $p < 0,05$

Plats	Led	Markyta			Bearth.botten			Sådd			Vattenhalt		
		Nivåskillnad (mm)	Bearth djup (cm)	Nivåskillnad (mm)	Nivåskillnad (mm)	Antal kärnor	Andel >5mm (%, vol./vol.)	Andel 2-5mm (%, vol./vol.)	Andel <2mm (%, vol./vol.)	Vattenhalt sådd (%, vikt/vikt)	Vattenhalt botten (%, vikt/vikt)		
Ulfuna	A:Tallrik 2gg.+vält	88	2.8	81 A	12.7	74	15	10	15.9 A	24.9 ABC			
	B:Tallrik 2gg.	106	2.8	80 A	5.0	81	13	7	15.7 A	24.3 BC			
	C:Kultivator 2gg.+vält	85	2.7	64 ABC	9.0	75	14	11	14.0 AB	26.7 A			
	D:Kultivator 2gg.	77	3.0	39 C	4.3	80	13	8	14.0 AB	24.3 BC			
	E:Carrier + kultivator	75	2.7	72 AB	5.0	77	15	8	16.3 A	26.5 AB			
	F:Carrier 2 ggr.	81	3.2	47 BC	8.7	68	19	13	13.2 B	23.3 CD			
	G:Plöjning	67	2.8	38 C	5.3	67	19	14	9.2 C	21.9 D			
Säby	A:Tallrik 2gg.+vält	67	3.3	36	1.7	38 B	27	35 CD	25.1 A	27.8			
	B:Tallrik 2gg.	56	3.1	38	0	36 BC	27	38 BC	23.3 AB	28.1			
	C:Kultivator 2gg.+vält	76	2.9	36	0	39 AB	23	38 BC	24.9 A	30.1			
	D:Kultivator 2gg.	51	3.4	28	0	35 BC	26	39 ABC	22.8 BC	28.3			
	E:Carrier + kultivator	56	2.8	27	0.7	36 BC	23	42 AB	22.7 BC	28.4			
	F:Carrier 2 ggr.	71	3.1	42	0.7	46 A	23	31 D	21.2 C	28.4			
	G:Plöjning	55	3.1	32	0.3	29 C	26	45 A	22.3 BC	28.2			

Markytans jämnhet

I undersökningen av markytans jämnhet förekom inga signifikanta skillnader mellan leden, varken på Ultuna eller på Säby. Detta är dock inte särskilt förvånande, eftersom undersökningen gjordes efter överfart med såmaskin. Visuellt kunde man konstatera att det fanns skillnader i ytjämnhet mellan leden innan sådd, men som resultaten visar har dessa ojämnheter effektivt jämnats ut av traktor med dubbelmontage samt såmaskinens bearbetande och vältande effekt.

Bearbetningsdjup

Den statistiska bearbetningen av resultaten visade att det inte fanns några signifikanta skillnader mellan leden. Liksom undersökningen i försökserie R2-4123 styrs denna parameter inte av det egentliga bearbetningsdjupet, utan istället av hur mycket man kan borsta loss i den bearbetade massan när man borstar med en diskborste. En jämförelse görs utifrån den något tveksamma utgångspunkten att man borstar lika hårt varje gång. Bearbetningsdjupet påverkas även av graden av återpackning i samband med bearbetning och sådd.

Bearbetningsbottens jämnhet

I undersökningen av den ovan nämnda bearbetningsbotten förekom signifikanta ledskillnader i Ultuna-försöket, men inte i Säby-försöket. Tallriksredskapet i led A och B hade en signifikant ojämna botten än kultivator 2 gånger, Carrier 2 gånger och plöjning. Vältningen i led A och C medförde inga skillnader vad det gäller den aktuella parametern.

Bearbetningsbotten var ojämna i led E än led C,D och F, något som kan tänkas återspegla de differentierade arbetsdjup led E behandlades med.

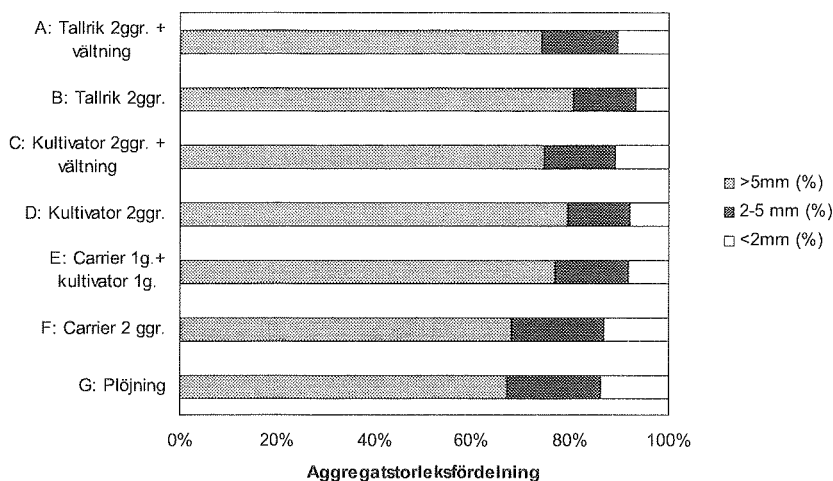
I Säby-försöket återkommer inte samma tendens. Den lättare jorden på Säby har inte bjudit maskinerna något nämnvärt motstånd, utan alla leden har en relativt jämn bearbetningsbotten utan några signifikanta ledskillnader.

Kärnförekomst

I den uppborstade jordvolymen fanns inga signifikanta ledskillnader avseende förekomsten av höstvetekärnor. Det på såmaskinen inställda djupet var konsekvent djupare än det framborstade djupet, varför det endast blev enstaka kärnor som kom med i undersökningen.

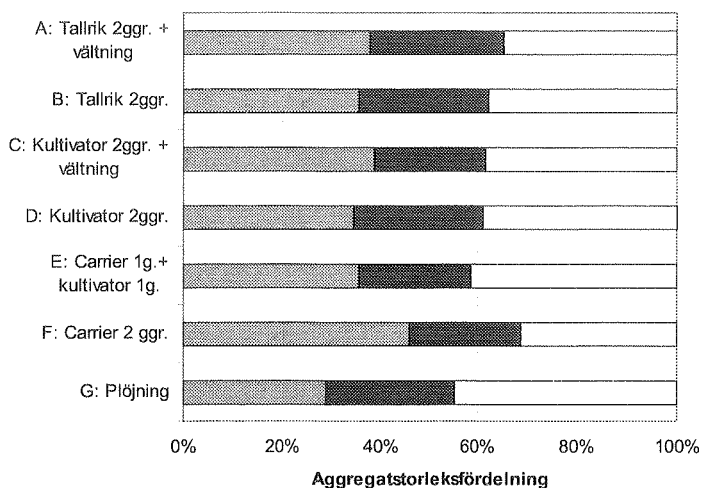
Aggregatstorleksfördelning

I Ultuna-försöket fanns inga signifikanta skillnader mellan leden inom någon av fraktionerna, detta troligtvis beroende på att mätvärdena blev någorlunda lika över alla led. De väldigt blöta förhållandena kan antas vara orsaken till de små skillnaderna, se figur 10.



Figur 10. Aggregatstorleksfördelning efter sådd i Ultuna-försöket.

I Säby-försöket blev det signifikanta skillnader mellan leden både i andelen >5mm och andelen <2 mm. Jämfört med Ultuna var aggregatstorleksfördelningen på Säby betydligt mer likformig, se figur 11. Skillnaderna i jordart var trolig orsak till detta.



Figur 11. Aggregatstorleksfördelningen efter sådd i Säby-försöket.

Som figur 11 visar har vältningen i led A och C inte haft någon effekt på aggregatstorleksfördelningen. Andelen grov jord var högst i led F, två överfarter med Carrier (led F), något som kan sägas vara anmärkningsvärt. Den intensiva, grunda bearbetningen borde ha resulterat i åtminstone lika hög finbrukningsgrad som övriga plöjningsfria metoder. Däremot har behandlingen i led E medfört en hög finbrukningsgrad, trots att kultivatoren gick nära dubbla djupet gentemot Carriern.

Vattenhalt i såbädd

I undersökningen av vattenhalten i såbädden konstaterades signifikanta ledskillnader på båda platserna. På Ultuna var led G signifikant torrast. Led F var torrare än led E, vilket visar att kultivatoren drog upp blött jord i andra körningen. Inga signifikanta skillnader fanns i led A-D.

På Säby var det mindre skillnader mellan leden. Grund bearbetning med Carrier gav en signifikant torrare såbädd än bearbetning med tallriksredskap. Lite anmärkningsvärt kan det tyckas vara att det plöjda ledet (G) inte var signifikant torrare än B, D och E, något man kunde väntat sig på den lätta jorden på Säby.

Om man utan att ta hänsyn till signifikanta skillnader studerar mätvärdena på båda platserna syns samma tendens som på Ultuna; torrast var den grunda bearbetningen samt plöjning, följt av kultivator och blötaskast var leden körda med tallriksredskap.

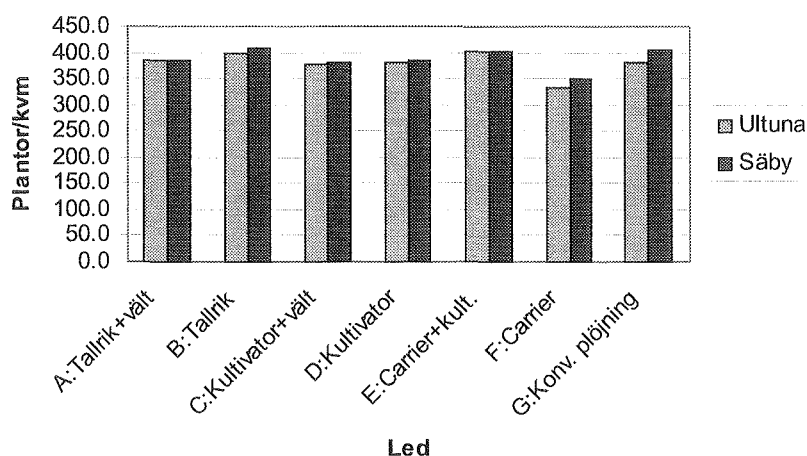
Vattenhalt i bearbetningsbotten

I undersökningen av vattenhalten i bearbetningsbotten påträffades signifikanta skillnader mellan leden på Ultuna, men inte på Säby. De signifikanta skillnaderna på Ultuna är inte av sådan natur att man kan dra några väsentliga slutsatser om skillnaderna mellan olika plöjningsfria led. Däremot är det plöjda ledet signifikant torrare i botten än resten av leden, med undantag av led F, Carrier 2 gånger.

På Säby var vattenhalterna väldigt jämna, varpå inga tendenser gick att urskilja.

Planträkning

Planträkningen gjordes två veckor efter sådd på respektive plats. Vid räkningen konstaterades att uppkomsten var väldigt jämn. Det gick inte att se några skillnader alls mellan leden. Som figur 12 nedan visar var den visuella bedömningen korrekt. Några signifikanta ledskillnader förelåg ej, vare sig på Ultuna eller Säby.



Figur 12. Resultat av planträkningen på Ultuna och Säby.

Det enda led som tenderade att avvika var led F, Carrier 2 gånger, där plantetableringen var något sämre.

Plantetableringen var generellt ganska dålig, om man beaktar att det såddes ca 500 grobara kärnor per kvadratmeter och att det inte på någon av platserna kom upp mer än strax över 400 plantor per kvadratmeter.

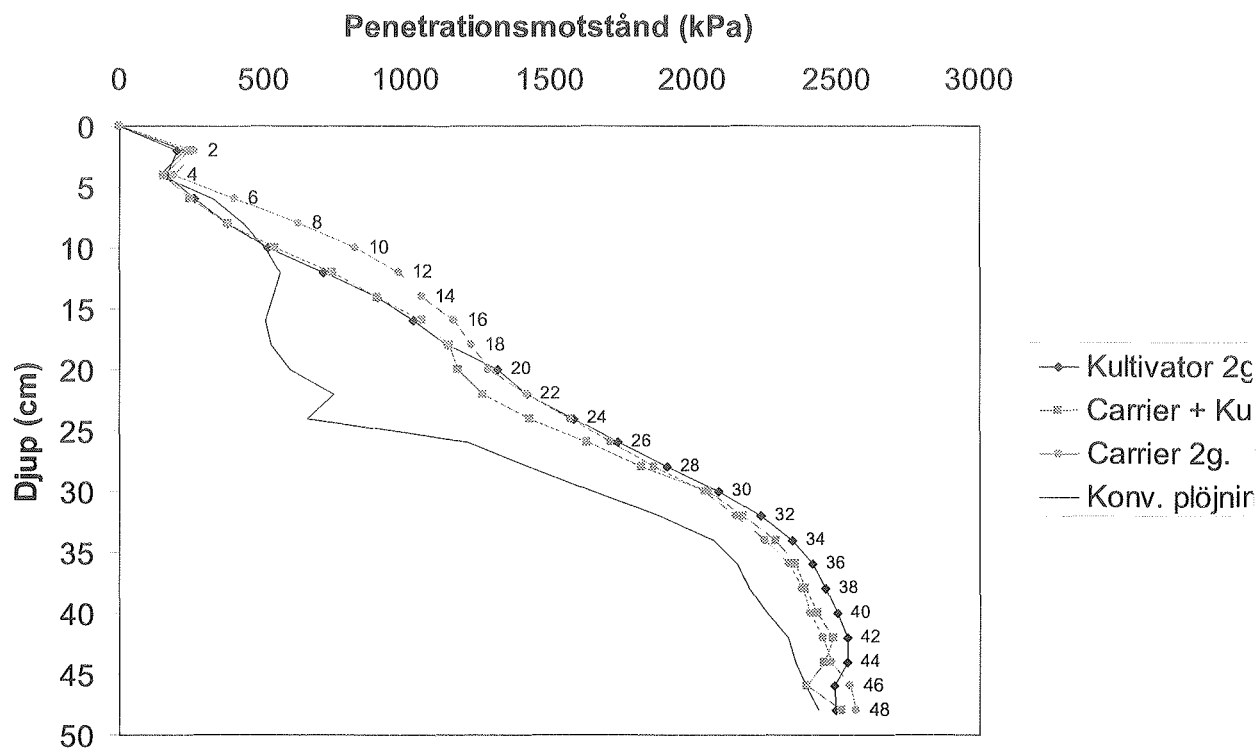
Ogräsräkning 2

Denna ogräsräkning gjordes samtidigt som planträknningen. Liksom vid den första räkningen var beståndet av örtogräs väldigt varierande både inom och mellan leden. Inga signifikanta skillnader kunde konstateras.

Inomledsvariationen medförde att heller inga tendenser vad det gäller den aktuella bearbetningsmetodens påverkan på örtogräsförekomsten kunde konstateras.

Penetrometermätning

Resultaten från penetrometermätningen genomförd hösten 2001 visas nedan i figur 13.



Figur 13. Penetrationsmotståndet i marken ned till 48 cm.

Innan resultatet kommenteras vidare bör det upprepas att mätningen gjordes endast i Ultuna-försöket, samt att försöket startades hösten 2000.

Som figuren ovan illustrerar särskilde sig två led, Carrier två gånger (led F) och konventionell plöjning (led G).

På nivåerna 10 och 12 cm hade ledet med två Carrier-körningar signifikant (på 10%-nivån) högre penetrationsmotstånd än övriga led. Vattenhaltsbestämningarna på dessa nivåer visade ej på några signifikanta ledskillnader. Denna förhårdnad strax under redskapets arbetsdjup illustrerar effekten av den uteblivna luckringen jämfört med de led där kultivatoren användes.

I det plöjda ledet var penetrationsmotsåndet klart mindre i nivån 14-32 cm än i övriga led. Skillnaderna var som störst på 16-22 cm:s djup. På detta djup noterades också tvåstjärnig signifikans för ledskillnaden. En del av den stora skillnaden kan förklaras med att vattenhalten på djupet 10-20 cm var signifikant (* ; $p < 0,05$) högre i det plöjda ledet. Noterbart var det mjukare skikt på nivån 22-24 cm som syns som en ”knyck” på kurvan. Under denna nivå ökade motståndet kraftigt (550 kPa på 2 cm). Enligt Heinonen (1985) kan denna luckring av plogsulan förklaras av att de slirande ribborna på traktorhjulet ältar jorden i botten på fåran. Ältningen bryter jordens struktur, vilket primärt ökar den vattenhållande förmågan och således minskar det mekaniska motståndet. Denna ”luckrings” positiva effekt försvinner när jorden torkar, då den fördärvade strukturen leder till att jorden blir hård och svår genomtränglig.

Den förhårdnad som syns överst i profilen förklaras av att marken var frusen 1-2 cm ned efter ett par dagars frost.

AVSLUTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Väderstads Rexius Carrier med förredskapet System Disc konstruerades från början huvudsakligen för grund stubbearbetning inför höstvetesådd. I den att prova grund bearbetning som vårbearbetning kom som en följd av Jordbruksverkets EU-stöd för fånggröda kombinerat med vårbearbetning. Att vårbearbetning fungerar på lätta jordar är ingen nyhet, vi önskade istället prova ut ett alternativ till vårplöjning som skulle kunna fungera även på lite styvare jordar, där vårplöjning ej är att rekommendera.

Försöksserien med vårbearbetning (R2-4123) har denna säsong fallit väl ut, skörden blev lika bra eller bättre i Carrierleden än i referensledet höstplöjning. De vårplöjda leden gav som väntat sämre skörd, speciellt på den styva leran (40% ler). Dock hade man troligtvis gett dessa led en bättre start om man hade väntat med plöjning och harvning/Rexius Twin till dagarna innan sådd, för att bättre bevara markfukten. Dessa led fick torka för länge efter plöjning, varpå de efterföljande bearbetningarna inte fick maximal effekt. Detta belyser vikten av timing vid bearbetning av jordar med måttligt och högt lerinnehåll för att nå goda förutsättningar för plantetablering med ett minimalt antal överfarter. För att öka brukbarheten i de vårbearbetade leden hade det varit intressant att utföra vårbearbetningen så tidigt så möjligt, gärna i mars. Frost samt vätning/upptorkning borde då kunnat medföra en bättre struktur i ytlagret inför såbäddsberedningen.

I avdelningens försök hålls kvävegivan oftast på en något lägre nivå än vad gängse växtodlingspraxis rekommenderar, detta för att minimera risken för liggsädsproblem. I detta vårsådda försök gavs till exempel ca 70 kg N/ha, medan man i praktisk jordbruk skulle gett minst 90 kg N/ha, varför skördenivåerna blev noterbart låga.

Ingen av de undersökta parametrarna visade på positiva effekter av två körningar med Carrier i stället för en. Detta berodde troligtvis delvis på att de två körningarna gjordes strax efter varandra. En tanke skulle kunna vara att inte bekämpa fånggrödan kemiskt, utan istället låta bearbetningarna göra så gott det går mot fånggrödan och på våren uppkomna ogräs. Eftersom årets försök pekar på att grund bearbetning minskade ogräsmängden i spannmålen markant skulle det var intressant att se hur stor del av minskningen som berodde på den kemiska bekämpningen två veckor innan bearbetningen och hur stor del som faktiskt berodde på det minskade bearbetningsdjupet. Eftersom ledet med tallriksredskapet innehöll mer ogräs, finns det klara indikationer på att ett minskat bearbetningsdjup ger mindre örtogräs.

I höstbearbetningsförsöksserien (R2-4125) var förutsättningarna goda för en problemfri höstsådd när bearbetningarna av de plöjningsfria leden försöket inleddes. För att en plöjningsfri primärbearbetning ska vara fördelaktig gentemot plöjning måste hösten vara ganska torr. Den 27 augusti föll 64 mm regn. Detta regn plus de efterföljande veckornas småskurande medförde att höstsådden försenades (var till och med nära att ställas in i Ultuna-försöket) och alla förhoppningar om markanta skillnader i spillsä- och ogräsuppkomst grusades.

Spillsädsuppkomsten beror givetvis på hur mycket trösken spiller och hur jämnt spillkärnorna placeras över ytan. Det vore för de använda räkningsmetoderna önskvärt att veta hur mycket spillsäd och ogräsfrö som fanns efter trösken innan bearbetningen, för att kunna dra några slutsatser om hur stor del av det totala antalet kärnor som respektive bearbetningsmetod fick att gro. Det samma gäller den gjorda analysen av halminblandningen. Det vore mycket intressant att veta exakt hur mycket skörderester man hade innan bearbetningen, för att på ett precisare sätt bedöma olika redskaps funktion. Det som gör dessa noggranna analyser svåra är den förflyttning i längsled av skörderester som redskapen presterar. Det vore mycket intressant att noggrant undersöka olika på marknaden förekommande stubbearbetningsredskaps förmåga att bruka ned skörderester, men en sådan undersökning vore nog lämpligare att förlägga som ett separat examensarbete.

Den undersökta parametern ytjämnhet hade varit intressantare att genomföra innan sådden. Nu fick man endast ett mått på hur bra såmaskinen var på att jämna till ytan. I en jämförelse mellan olika redskapskombinationer vore det önskvärt att undersöka vilken ytjämnhet leden hade innan sådd. Höstsäsongens väderlek medgav dock inte att man ytterligare fördröjde sådden med en undersökning till mellan andra bearbetningen och sådd.

Om den grunda bearbetningen ger problem med för lite luckring av den eventuella packning som en säsong överfarter medför, återstår att undersöka närmare. Den genomförda penetrometermätningen av motståndet ned till 48 cm:s djup visade att två års överfarter med Carrier gett ett signifikant högre penetrationsmotstånd strax under bearbetningsdjup jämfört med ledet där Carriern efterföljdes av en kultivatorkörning. Det är inte orimligt att anta att den mest fördelaktiga kombinationen för plöjningsfri höstbearbetning är en överfart med Carrier direkt efter trösken, för att sönderdela och ytligt blanda in skörderester, samt att initiera groning av spillsäd och ogräsfröer, följt av en tätpinnad kultivator med efterredskap, för tillräcklig luckring samt tilljämning inför sådden. Kultiveringen skulle då förläggas strax innan sådden.

För att bilden av hur ett grunt bearbetningssystem förhåller sig totalt sett mot andra jordbearbetningssystem skulle säsongens körningar kompletterats med bränslemätningar på ett par typredskap under riktiga fältförhållanden. Detta var också planerat till att göras under hösten, men föll bort på grund av att det inte fanns en tillräckligt stark traktor med bränslemätningssutrustning att tillgå.

Under detta examensarbets gång har Carrierns funktion och konstruktion diskuterats noggrant med ett stort antal intresserade personer, både forskare, studenter och bönder. Redskapets möjligheter och svårigheter har diskuterats vid ett flertal tillfällen. Möjligheterna för ett redskapsbärande redskap som Carriern är nästan obegränsade. Det enda nämnvärda tekniska problemet som uppdagats i försöken på Ultuna är jordens förmåga att fastna på vältringarna vid körning i mycket blöta förhållanden. Avskraparna förhindrar visserligen att ringarna fylls, men samtidigt blir ytan efter välten ojämn. Man skulle kunna tänka sig att göra ringarna av ett slätare material, till exempel plåt, istället för gjutjärn, för att minska jordens benägenhet att fastna i fuktiga förhållanden.

Slutsatser

- Ökat bearbetningsdjup vid höstbearbetning ger oftast ökad skörd av en vårsådd gröda, något som blev speciellt tydligt i den gångna säsongen på grund av den fuktiga väderleken vid bearbetningarna hösten 2000.
- Vid utebliven höstbearbetning med fånggröda blev uppkomsten klart försenad i de vårplöjda leden medan den inte var påverkad i de plöjningsfria leden, jämfört med referensledet höstplöjning.
- Grund bearbetning på våren gav en lika hög skörd som höstplöjning och klart högre skörd än vårplöjning. Detta kan härledas till en god uppkomst, ett lågt ogrästryck samt troligtvis en god vattenförsörjning i ostörd jord under sommaren.
- I de båda höstsådda försöken var uppkomsten av spillsäd och örtogräs mer eller mindre helt oberoende av vilken plöjningsfri bearbetningsmetod som utförts, beroende på höstens fuktiga väderlek.
- Metoden att undersöka halminblandningen med bildanalys av tagna fotografier behöver utvecklas vidare för att ge tillförlitliga resultat. Från undersökningen kan dock slutsatsen dras att ett ökat bearbetningsdjup verkar ge något mindre halm i ytan.
- Plantetableringen var helt jämn över både led och försöksplatser. Detta resultat visar att även en höst som nog skulle kunna kallas en typisk plöjningshöst med stora regnmängder, så kan man få ett gott bestånd höstvetete med plöjningsfria metoder.
- Undersökningen av matjordens penetrationsmotsånd visade att två års överfarter med Carrier gett ett signifikant högre penetrationsmotstånd strax under bearbetningsdjup jämfört med ledet där Carrier efterföljdes av en kultivatorkörning. Ökningen i penetrationsmotstånd beror troligtvis på utebliven luckring på detta djup.
- Sammantaget har undersökningarna gjorda i detta examensarbete visat att endast grund bearbetning kan ge väl så bra förrutsättningar för spannmålsodling som konventionella metoder, både med och utan plog. Speciellt lovande är resultaten från försöken med vårbearbetning i en fånggröda, där grund vårbearbetning gav goda resultat. Försöken med höstbearbetning till höstsådd blev kraftigt påverkade av den fuktiga hösten, men regnet till trots uppvisade inte de grunt bearbetade leden några nämndvärda skillnader i plantetablering, vilket ger förhoppningar om goda bearbetningsresultat under höstsäsonger med normal väderlek.

REFERENSER

Litteratur

Arvidsson, J. 1997. *Soil Compaction in Agriculture – from Soil Stress to plant Stress*. Agraria 41. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae. Swedish University of Agriculture Sciences. Uppsala.

Arvidsson, J. 2001. *Bearbetningsdjup vid plöjningsfri odling*. I: Arvidsson, J. 2001 *Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2000*. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr 101. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Dexter, A.R. & Bird, N.R.A. 2000. *Methods of predicting the optimum and the range of soil water contents for tillage based on the water retention curve*. Soil and tillage research 57, 203-212.

Heinonen, R. 1985. *Soil management and crop water supply*. Department of Soil Sciences. 4th edition. Swedish University of Agriculture Sciences. Uppsala.

Henriksson, L., von Polgár, J. & Rydberg, T. 1980. *Såbäddsberedning till höstsådda grödor*. Statens Lantbruksinformation. Jönköping.

Hessel Tjell, K. & Aronsson, H. 2000. *Höstgrödor, fånggrödor och utlakning – en jämförelse av två växtföljder i Skåne*. Fakta Jordbruk nr 11. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

ITCF. 2000. *Minimized cultivation in France*. Station Expérimentale. Institut Technique des Céréales et des Fourrages (ITCF). Boingneville. Frankrike.

Jordbruksverket. 2001. *Stöd för miljövänligt jordbruk 2001*. EU-information från Jordbruksverket. Stockholm.

Kritz, G. 1976. A sampling investigation on seedbed properties in spring-sown fields in Sweden 1969-1972. Primary results from 300 sites. Report No. 44. Reports from the Division of Soil Management. Agricultural Collage of Sweden. Uppsala.

Kritz, G. 1983. *Såbäddar för vårstråsäd*. Rapporter från jordbearbetningsavdelningen. Nr 65. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Poole, N. 2001. *Vaderstad/ARC Non inversion tillage trial*. Prel. försöksrapport från försök HA01-241. ARC Andover (Non inversion Centre). Lower Norton Farm. Norton Sutton Scotney. Winchester. Hants. Storbritannien.

Rydberg, T. 1979. *När kan plöjningsfri odling tillämpas?* KONSULENTAVDELNINGENS RAPPORTER, ALLMÄNT 23, s. 6:1-10. Uppsala.

Stenberg, M. & Aronsson, H. 1999. *Plöj senare och minska risken för kväveutlakning!* Fakta Jordbruk nr 2. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Svantesson, U. 2002. *Försök med såplog*. I: Arvidsson, J. 2002. *Jordbearbetningsavdelningens årsrapport 2001*. Rapporter från Jordbearbetningsavdelningen nr 103. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

Wiklert, P., Andersson, S., Wiedow, B. 1983. Studier av markprofiler i svenska åkerjordar. Del 1. Ultunajordar. Avdelningen för lantbrukets hydroteknik Rapport 132. Institutionen för Markvetenskap. Sveriges lantbruksuniversitet. Uppsala

Personliga meddelanden

Löfkvist, J. 2001. Avdelningen för Jordbearbetning. Institutionen för Markvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

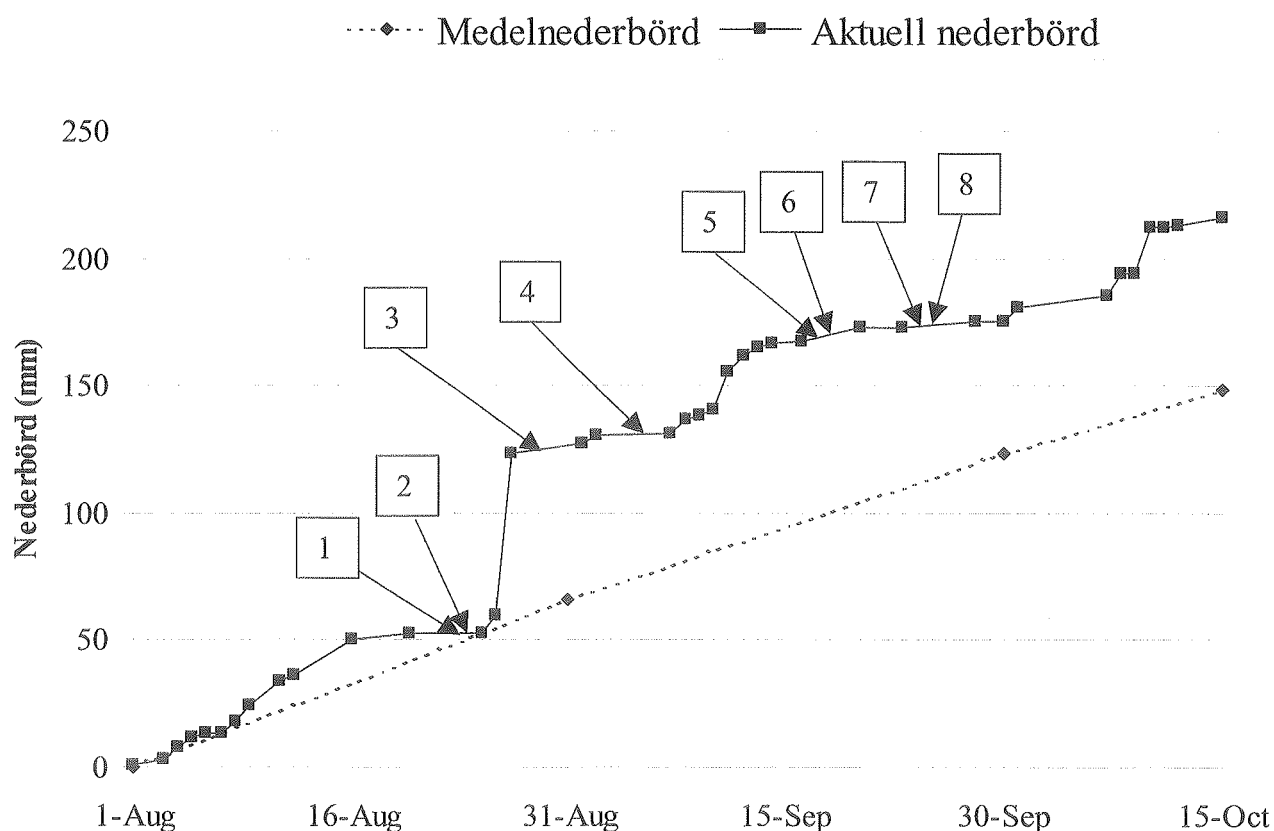
Rydberg, T. 2001. Avdelningen för Jordbearbetning. Institutionen för Markvetenskap. Sveriges Lantbruksuniversitet. Uppsala.

BILAGA 1 REDSKAPSFÖRTECKNING

Nedan följer en förteckning av de jordbearbetningsmaskiner som nyttjats i försöken.

Betäckning	Fabrikat	Arbetsbredd	Hastighet	Arbetsdjup
Rexius Carrier 650 m. System Disc	Väderstad	6,50 m	8-12 km/h	5-7 cm
Rexius Twin 650 m. Ripper	Väderstad	6,50 m	8-10 km/h	6-8 cm
Växelplog CX 390 H, Överum 3 skär		16"	6-8 km/h	20-22 cm
Tallriksredskap XT	Väderstad	3,4 m	5-7 km/h	10-12 cm
Kultivator Cultus CS m. Mix	Väderstad	3,7 m (13 pinnar)	8 km/h	10-15 cm
Harv NZ-E 500	Väderstad	5 m (77 pinnar)	8-9 km/h	4-5 cm
Vält 77 B-6	Väderstad	6 m	6-7 km/h	-
Rapid 300 C m. dubbel CB+ enkel Agrilla	Väderstad	3 m	8 km/h	5 cm

BILAGA 2 NEDERBÖRD UNDER HÖSTEN 2001



Figur 14. Aktuell nederbörd och periodens medelnederbörd. Siffrorna markerar olika datum för bearbetningar. (Ultuna klimatstation, 2001)

Bearbetningsförklaring, försök 4125.

- 1: Tröskning, Säby och Ultuna, 23 augusti
- 2: Första bearbetningen, Säby och Ultuna, 24 augusti
- 3: Höstplöjning, Säby och Ultuna, 29 augusti
- 4: Första harvning, Säby och Ultuna, 5 september
- 5: Andra bearbetningen, Säby, 17 september
- 6: Sådd, Säby, 18 september
- 7: Andra bearbetningen, Ultuna, 24 september
- 8: Sådd, Ultuna, 25 september

